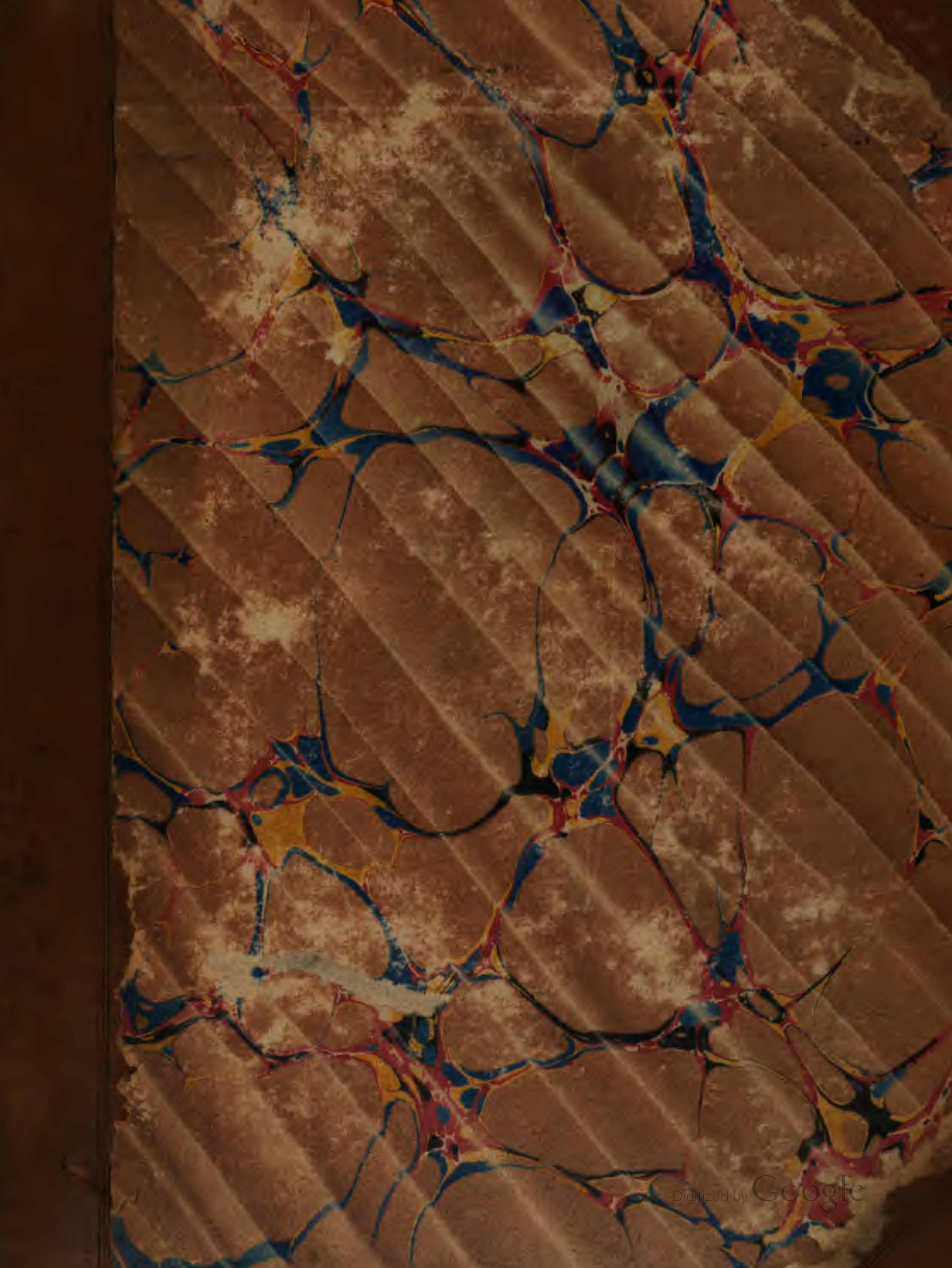


LES LONGITUDES
PAR LA MESURE DU TEMPS,
OU
MÉTHODE
POUR DÉTERMINER LES LONGITUDES EN MER;
AVEC LE SECOURS DES HORLOGES MARINES.

Suivie du Recueil des Tables néceſſaires au Pilote pour réduire les Obſervations relatives à la Longitude & à la Latitude.

Par M. FERDINAND BERTHOUD, Horloger Méchanicien du Roi & de la Marine, ayant l'inſpection de la conſtruction des Horloges Marines, & Membre de la Société Royale de Londres.



A PARIS,

Chez J. B. G. MUSIER fils, Libraire, Quai des Auguſtins, à S. Etienne.

M. DCC. LXXV.

AVANT-PROPOS.

AYANT été chargé d'exécuter plusieurs Horloges à Longitudes pour le service de la Marine de France & pour celle d'Espagne, j'ai cru qu'il étoit nécessaire de joindre à chaque Machine une instruction particuliere, qui servît à la conduite de l'Horloge, & qui indiquât les Regles de Calculs & d'Observations propres à trouver les Longitudes en Mer par le moyen des Horloges; à rectifier les Cartes, &c. C'est à remplir cet objet que ce petit Ouvrage est destiné. J'espere même que son usage ne se bornera pas à cette premiere destination, & que les Capitaines des Vaisseaux Marchands ne tarderont pas à se servir de la méthode des Horloges pour la conduite de leur Vaisseau, convaincus, d'après l'usage qu'on a déja fait de ces Machines dans la Navigation, de toute l'utilité qu'elles peuvent leur procurer. C'est ce double point de vue qui m'a engagé à publier cet Ouvrage. J'ai fait tous mes efforts pour présenter les détails de cette Méthode de la maniere la plus simple & la plus claire, ensorte que les Pilotes les moins versés dans l'Astronomie puissent aisément en faire l'application. Mais si j'ai pu remplir l'objet que je me suis ici proposé, je déclare que c'est particuliérement d'après l'étude des Regles & Calculs que M. de Fleurieu a donné dans l'Ouvrage qui a pour

titre : *Voyage* [a] *fait par ordre du Roi en 1768 & 1769, pour l'epreuve des Horloges Marines, &c.* L'appendice qui termine ce grand & bel Ouvrage, le premier dans lequel on ait traité cet objet, a été mon guide. J'ai aussi fait usage pour la Partie Astronomique, des Traités de Navigation de MM. Bouguer, de la Caille & Bézout, & de l'Astronomie de M. de la Lande.

J'ai terminé cet Ouvrage par un Appendice qui contient, 1°, la maniere de faire servir les *Montres de Longitudes* à la détermination des Longitudes à terre ; 2°, une Instruction sur les procédés qu'un Artiste doit employer pour démonter, nettoyer & remonter une Horloge Marine, l'éprouver par diverses températures. Mon but a été d'étendre par-là, autant qu'il est en moi, l'usage des Horloges & des Montres pour trouver les Longitudes, soit à la Mer ou soit à Terre.

(a) De l'Imprimerie Royale 1774.



TABLE DES MATIERES.

Avant-propos. Page j

Chapitre I. *Notion générale des Longitudes & des Latitudes; comment on détermine les Longitudes en Mer par le secours des Horloges Marines.* 1

Chap. II. *Instruction sur la maniere de placer les Horloges Marines dans le Vaisseau, les conduire, &c.* 4

Des Montres à Longitude. 10

Chap. III. *De la division du Temps; du Temps mesuré par les Horloges; des Tables de l'Equation du Temps, &c.* 11

Chap. IV. *Des hauteurs correspondantes du Soleil, servant à constater la marche des Horloges Marines dans les Ports & aux relâches.* 18

Usage des Tables d'Equation générales pour le midi conclu par des hauteurs correspondantes. 24

De la maniere de prendre les hauteurs du Soleil avec l'Octant. 28

Chap. V. *Méthode exacte pour trouver l'heure en Mer, par une hauteur absolue du Soleil.* 29

Regle de Calcul pour trouver l'heure par une hauteur absolue du Soleil. 30

Observations sur la maniere d'obtenir l'heure en Mer, avec la plus grande précision, par les hauteurs du Soleil. 33

Des Corrections qu'il faut appliquer aux hauteurs observées ou apparentes du Soleil. 35

1°. L'Inclinaison de l'horizon de la Mer. *Ibid.*

2°. La Réfraction Astronomique. 36

3°. La Parallaxe. *Ibid.*

4°. Le demi-diametre du Soleil. 37

Chap. VI. *De la Déclinaison du Soleil.* 37

Trouver la Déclinaison du Soleil pour une heure quelconque, sous le Méridien de l'Observateur. 38

Chap. VII. *Déterminer la Latitude par la hauteur méridienne du Soleil.* 40

Chap. VIII. *Constater la marche des Horloges Marines avant le départ du Vaisseau, afin de connoître le retard ou l'accélération de leur mouvement journalier, par rapport au moyen mouvement du Soleil.* 43

Chap. IX. *Déterminer la Longitude à la Mer par le secours d'une Horloge Marine.* 54

Chap. IX. *Usage des Horloges & des Montres Marines pour la rectification des Cartes.* 63

Addition au Chap. II. 66

Du Transport des Horloges Marines par terre. *Ibid.*

APPENDICE.

Article I. *Trouver les Longitudes terrestres par le moyen des Montres à Longitudes.* 68

1°. Du Transport des Montres à Longitudes par terre. *Ibid.*

2°. Des Observations qu'il est nécessaire de faire pour déterminer les Longitudes terrestres par le moyen des Montres à Longitudes. 70

Trouver l'heure par des hauteurs correspondantes, prises avec un quart de Cercle. 72

Trouver la Longitude & la Latitude à terre. 73

Art. II. *Instruction sur la maniere*

dont un Artiste doit procéder pour démonter, nettoyer & remonter une Horloge Marine ou une Montre à Longitude ; vérifier sa marche par diverses températures 75
1°. Démonter l'Horloge Marine. *Ibid.*
2°. Nettoyer & remonter l'Horloge Marine. 78
3°. Eprouver l'Horloge Marine par divers degrés de chaud & de froid, afin de dresser la Table d'Equation pour la température. 84
Remarque sur l'usage des Horloge dans la Navigation. 86
Additions. *Ibid.*
Avertissement sur le Recueil des Tables nécessaires pour trouver la Longitude en Mer par la mesure du temps. 88
Recueil des Tables nécessaires pour trouver la Longitude en Mer par la mesure du Temps. a la fin de l'Ouvrage après la page 90.

Fin de la Table des Matieres.

AVERTISSEMENT.

NOUS supposons toujours dans cet Ouvrage, que pour déterminer les Longitudes, soit à la mer ou à terre, on se servira d'une Horloge Marine *ou d'une* Montre à Longitudes : *car les Montres de poches à secondes les plus parfaites connues ne peuvent pas remplir cet objet ; elles peuvent seulement servir à comparer le temps de l'observation à celui de l'Horloge, mais nullement à donner immédiatement une Longitude à peu-près exacte. Voyez-en les raisons* page 87.

AVIS AU RELIEUR.

La Planche sera placée après la page 90 avant le Recueil des Tables.

LES LONGITUDES



LES LONGITUDES PAR LA MESURE DU TEMPS.

CHAPITRE PREMIER.

Notion générale des Longitudes & des Latitudes; comment on détermine les Longitudes en Mer par le secours des Horloges Marines.

1. POUR déterminer exactement la position absolue d'un lieu sur le globe terrestre, il faut connoître deux choses. 1°, La *Latitude*, c'est-à-dire, le nombre de degrés compris entre le *Zénith* (*a*) de l'Observateur & l'*Equateur*. 2°, La *Longitude* ou le nombre de degrés compris entre le méridien de l'observateur, & celui qu'on est convenu de prendre pour premier méridien. La longitude se compte en degrés ou en temps.

2. On détermine facilement la latitude d'un lieu quelconque, parce que le Ciel présente des points fixes qui servent à cette mesure; l'Astronomie fournit différentes méthodes pour déterminer la latitude. Les Marins sont dans l'usage de la déduire de la hauteur méridienne du Soleil.

(*a*) On appelle Zénith le point qui s'éleve perpendiculairement au-dessus de notre tête.

3. Il n'eſt pas auſſi facile de déterminer la longitude, parce que le mouvement de rotation de la terre ſur ſon axe qui ſe fait dans le ſens même de la longitude empêche que nous n'ayons des points fixes dans le Ciel : on y ſupplée à terre par les obſervations contemporaines d'un même phénomene céleſte ; mais les ſecours que l'Aſtronomie préſente à cet égard ne peuvent s'appliquer avec facilité à l'uſage de tous les Navigateurs.

4. Le fameux Problême des longitudes ſe réduit à celui ci : *Connoiſſant l'heure qu'il eſt au Navire, trouver quelle eſt au même inſtant l'heure de Paris.* (*a*). La différence des temps convertie en degrés à raiſon de 15 degrés pour une heure, donne la différence des méridiens ; c'eſt-à-dire, la longitude du navire. La longitude ſera occidentale, ſi l'heure de Paris devance celle du navire : la longitude ſera orientale, ſi l'heure du navire devance celle de Paris.

Je ne m'arrêterai point ici à parler des diverſes méthodes qui ont été propoſées pour réſoudre ce problême : je ne traiterai ici que de la méthode la plus ſimple & la plus à la portée des Marins, celle de trouver la longitude par les Horloges (*b*).

5. La difficulté de cette méthode conſiſte uniquement dans la conſtruction d'une Horloge exacte qui conſerve conſtamment la même juſteſſe malgré les agitations du vaiſſeau, les différences de la température, les variations des frottements, &c. Ce n'eſt pas ici le lieu de parler des moyens propres à vaincre ces obſtacles : mais ayant une machine dans laquelle on a détruit ces obſtacles, on déterminera toujours facilement par ſon moyen la longitude du navire : car ſi en partant d'un Port dont la longitude ſoit connue, on met l'Horloge à l'heure de ce lieu, & qu'après deux mois de navigation on

(*a*) Nous prenons Paris pour premier Méridien, parce que toutes nos Tables ſont dreſſées pour ce Méridien, & que dans pluſieurs Cartes modernes on l'a choiſi pour premier Méridien.

(*b*) J'appelle en général *Horloge* une machine qui meſure le temps. Je diſtingue les Horloges ; 1°. en *Horloges Aſtronomiques*, celles qui ſervent à terre, ſont à ſecondes & réglées par un *Pendule* ; 2°. en *Horloges Marines*, celles qui ſervent dans la Navigation.

veuille connoître la longitude actuelle du Vaisseau, il ne faudra pour l'obtenir que trouver l'heure du Vaisseau, & la comparer avec l'heure du lieu de départ indiquée par l'Horloge Marine. La différence des heures donnera la différence des méridiens. Si donc il y a une heure de différence entre l'heure du Vaisseau & l'heure du lieu de départ, on sera assuré qu'il y a 15 degrés de différence en longitude entre le méridien actuel du Vaisseau & celui du départ; ce qui est évident, puisque la circonférence de la terre, dont la révolution se fait en 24 heures, étant composée de 360 degrés : on trouve en divisant 360 par 24 heures, (temps de la révolution de la terre), qu'une heure de temps répond à 15 degrés de longitude, 4 minutes de temps à un degré de longitude, &c. (*a*)

6. La méthode de trouver les longitudes par les Horloges consiste donc uniquement à comparer l'heure du premier Méridien indiquée par l'Horloge avec l'heure du lieu où l'on est, & réduisant la différence des heures en degrés, on a la longitude de ce lieu. Or si l'Horloge étoit tellement réglée qu'elle n'avançât, ni ne retardât point du tout, & qu'elle n'éprouvât aucune variation par les diverses températures, on n'auroit qu'à trouver l'heure du Vaisseau pour avoir la longitude. Mais comme il seroit fort difficile de régler (*b*) une Horloge de cette sorte, il est nécessaire de connoître avec toute la précision possible de combien elle avance ou retarde par jour,

(*a*) Nous observerons ici en passant que les prix qui ont été proposés pour la découverte des longitudes en mer avoient assigné la plus grande récompense à la méthode qui donneroit la longitude à la précision d'un demi-degré après six semaines. Or, pour qu'une Horloge remplisse cette condition, il ne faut pas que son écart journalier excede 2″ ⅘.

(*b*) Il est de nécessité absolue que la marche d'une Horloge soit uniforme; mais il n'est pas nécessaire qu'elle soit réglée, c'est-à-dire, qu'elle suive exactement le moyen mouvement du Soleil. Il suffit dans l'usage de ces machines pour la Navigation, de connoître la quantité dont une Horloge avance ou retarde par jour, afin de pouvoir tenir compte de son avance ou retard journalier toutes les fois qu'on voudra conclure la longitude du Vaisseau : ainsi il ne faut pas confondre une Horloge qui n'est pas réglée avec celle qui varie. Ces deux choses sont tout-à-fait différentes : une Horloge qui avance aujourd'hui, & qui retarde ensuite, varie : elle ne peut jamais être réglée. Au lieu que l'Horloge dont le mouvement est uniforme, peut être réglée; & elle peut être même réputée réglée, lorsqu'on connoît la quantité de son avance ou de son retard journalier sur le moyen mouvement du Soleil.

afin de tenir compte de la somme de ces petites différences toutes les fois que l'on veut connoître la longitude. La méthode de trouver la longitude par les Horloges a donc deux parties ; 1°. les observations & calculs qu'il est nécessaire de faire pour constater la *Marche* (*a*) de l'Horloge avant le départ du Vaisseau, afin de pouvoir assigner dans tous les temps l'heure exacte qu'il est au premier Méridien ; 2°. les observations & calculs nécessaires pour trouver l'heure en mer. Ces deux Articles sont l'objet de cet Ouvrage, & seront la matiere de plusieurs Chapitres.

(*a*) On appelle en Horlogerie la *Marche* d'une Horloge la quantité dont cette machine avance ou retarde chaque jour sur le moyen mouvement du Soleil.

CHAPITRE II.

Instruction sur la maniere de placer les Horloges Marines dans le Vaisseau, les conduire, &c.

7. LES Horloges Marines, telles que je les construits & qu'elles sont décrites dans mon *Traité des Horloges Marines*, sont de deux (*b*) especes; les premieres sont à poids, & d'un assez grand volume; elles ne doivent marcher ni servir que dans le Vaisseau : celles de la seconde espece sont beaucoup plus petites; elles sont à ressort & portatives; elles peuvent marcher pendant qu'on les transporte au Vaisseau, &c. Ces dernieres que j'appellerai *Montres Marines*, ou Montres à Longitude pour les distinguer, sont d'un usage plus commodes pour les Navigateurs; & quoique construites sur les mêmes principes que les Horloges Marines, elles ne comportent pas tout-à-fait le même degré de justesse, cependant

(*b*) Indépendamment de ces deux sortes d'Horloges Marines, j'ai encore construit une autre sorte de Montre pour servir en mer : ces dernieres sont d'une construction beaucoup simple, afin d'en rendre le prix plus à la portée des Capitaines de Vaisseaux Marchands.

elles sont susceptibles d'une exactitude suffisante pour les besoins ordinaires des Navigateurs. Mais dans les expéditions, dont l'objet principal seroit la rectification des Cartes, il faudroit alors embarquer une Horloge & une Montre Marines. L'*Horloge* resteroit toujours dans le Vaisseau, & on se serviroit de la Montre pour faire les observations à terre, pour reconnoître les Côtes, Isles, &c; & comme l'Horloge doit toujours être plus exacte par sa nature & ses dimensions, on y rapporteroit toutes les observations qu'on auroit occasion de faire.

Instruction pour les Horloges Marines.

Observations préliminaires.

8. 1°. On ne doit pas faire marcher l'Horloge pendant son transport par terre.

9. 2°. L'Horloge sera placée dans le Vaisseau lorsqu'il sera dans le Port. C'est alors seulement qu'il faudra la faire marcher après qu'on l'aura placée de la maniere que nous l'expliquerons ci-après.

10. 3°. L'Horloge ne doit être déplacée de dessus le Vaisseau qu'à la fin de la Campagne.

11. 4°. L'Horloge doit être placée dans une armoire bien fermée, que l'on garnira s'il est possible avec de l'étoffe de laine : cette armoire qui ne doit contenir que l'Horloge, doit être placée entre le mât d'artimon & la Sainte-Barbe, ou bien entre ce même mât & la grande Chambre : la plus grande longueur de la *Caisse* qui contient l'Horloge, doit être dans le sens du roulis. Cette caisse doit être amarée très-solidement sur le plancher du Vaisseau par des *Tacquets* & des coins : le rebord du fond de la caisse est destiné à cet usage.

Placer l'Horloge dans sa Caisse sur sa suspension.

12. 1°. La caisse de l'Horloge étant solidement arrêtée dans son armoire, on placera l'Horloge sur sa suspension contenue dans cette caisse. Pour cet effet on mettra en sa place le cer-

cle ovale *A* de suspension & au *Repere* marqué *A ;* c'est-à-dire, que la partie *A* du cercle soit mise du côté de la caisse marqué *A* ; on recouvrira les pivots d'acier portés par le cercle *A* au moyen des deux pieces de cuivre marquées *B*. On détournera les deux pieces de cuivre *C*, *C*, portées par le cercle *A*, afin que ces pieces ne recouvrent pas les rainures d'acier qui doivent recevoir les pivots portés par le tambour qui contient l'Horloge.

13. 2°. L'Horloge est renfermée dans un long tambour de cuivre, & ce tambour est lui-même contenu dans une longue boîte quarrée, marquée *D*, laquelle a servi de boîte d'emballage pour le transport de l'Horloge de Paris jusqu'au Port. On portera cette boîte *D* dans le Vaisseau avec l'Horloge qu'elle contient, sans rien défaire. Lorsque cette boîte sera dans le Vaisseau, on retirera les vis qui arrêtent son couvercle : alors on retirera le tambour de l'Horloge en se servant de deux fortes chevilles de cuivre *E*, *E* attachées au tambour : ces chevilles sont destinées à porter l'Horloge plus aisément.

14. 3°. On ôtera deux vis d'acier placées en *F*, *F* au bas du tambour ; on mettra en leur place deux courtes vis de cuivre qui ne servent qu'à boucher les trous des vis d'acier qui ont servi pendant le transport de l'Horloge pour retenir le poids moteur bien fixe. Pendant cette opération il faut avoir attention de retenir le tambour sur une table, & debout ; ainsi il est à propos qu'une personne tienne le tambour pendant qu'une autre ôte les vis.

15. 4°. On portera le tambour sur sa suspension, & dirigeant la partie marquée *A* au haut du tambour vers la lettre *A* du cercle ovale. On posera doucement le tambour sur sa suspension, ensorte que les pivots que ce tambour porte, entrent dans les rainures d'acier attachéees vers les pieces *C*, *C* du cercle ovale. On tournera ces pieces *C*, *C* de sorte qu'elles recouvrent les pivots, alors on serrera les vis qui fixent ces pieces sur le cercle : on mettra une grosse goutte d'huile d'olive à chacun des 4 pivots de la suspension.

16. 5°. L'Horloge étant ainsi disposée, il faudra la *remonter* avec sa clef : on attendra le moment de midi, heure à laquelle les aiguilles de l'Horloge sont arrêtées ; à cet instant, ou à peu-près, on ouvrira la *Lunette* qui contient la glace : on desserrera d'environ un tour la vis marquée *G* : on poussera cette vis en l'éloignant de *H*, & aussi-tôt l'Horloge marchera : la vis *G* ainsi écartée de sa premiere position, on la laissera en ce point, & on la resserrera pour fixer la piece à laquelle elle est attachée.

17. 6°. On remontera l'Horloge tous les jours à la même heure.

18. 7°. La compensation du chaud & du froid n'étant pas complette, ni la même dans tous les degrés de température, chaque Horloge de même que chaque Montre Marine, doit être accompagnée d'une Table (que j'appelle *Equation pour la Température*) qui indique les quantités dont l'Horloge avance ou retarde lorsqu'elle est exposée au degré de température marqué par cette Table ; ainsi, pour avoir le temps exact de l'Horloge, il faut ajouter ou soustraire du temps qu'elle marque les quantités indiquées par la Table. Pour cet effet, tous les jours à midi, lorsqu'on remonte l'Horloge, il faut noter sur un Registre l'état du Thermometre placé dans la caisse de l'Horloge : on verra, Chapitres VIII & IX, l'application & l'usage de cette Table.

19. 8°. Les Horloges & les Montres Marines doivent être nétoyées tous les deux ans, & cela doit être fait par des Horlogers adroits & intelligents ; & il faudra qu'à chaque fois qu'on les nétoyera que l'Artiste vérifie de nouveau la marche de ces machines par diverses températures, en suivant la méthode que j'ai tracée dans mon Traité des Horloges Marines, N°. 1433, afin de dresser une nouvelle Table d'Equation pour la température, si le changement dans l'huile a causé quelques différences.

Remarques.

I.

20. Lorsque l'on transporte les Horloges & les Montres Marines à terre par des voitures, il est nécessaire d'arrêter le balancier ou régulateur de la Machine, de sorte qu'il ne

puisse éprouver aucun dérangement : c'est l'office d'une piece qu'on nomme *Détente*. Cette piece correspond à la vis marquée *G* (16). J'ai fait servir cette détente à un double usage, c'est d'arrêter le balancier de telle matiere que lorsqu'on écarte la détente, l'Horloge se remette tout de suite en marche ; mais nous devons observer ici que dans le cas où l'on auroit manqué d'arrêter ainsi le balancier ; ou que d'ailleurs on eût oublié de remonter l'Horloge, ensorte que l'Horloge ne reprît pas son mouvement, quoiqu'on écartât la vis : dans ce cas on commencera par remonter l'Horloge ; ensuite pour la remettre en marche, on soulevera le tambour en le prenant par les chevilles *E*, *E*, & de sorte que les pivots ne portent pas dans leurs rainures : en cet état on donnera un léger mouvement circulaire au tambour, en le tournant d'environ un quart de tour de droite à gauche & de gauche à droite jusqu'à ce que l'Horloge marche, ensuite on replacera le tambour sur sa suspension.

II.

21. Nous devons encore remarquer ici qu'il est à propos de ne jamais toucher aux aiguilles des minutes & des secondes d'une Horloge ou Montre Marine ; mais on peut faire tourner sans risque le Cadran des heures au moyen d'une pointe qu'on fera entrer dans les trous faits à ce Cadran : par ce moyen on peut remettre à peu-près l'Horloge sur l'heure, la demie ou le quart, selon que l'aiguille des minutes est arrêtée sur environ 60′ sur 30 ou 15 minutes, & en se contentant de tenir compte du nombre de minutes dont l'aiguille des minutes differe de la véritable heure ; ou si l'on veut, sans toucher au Cadran des heures, attendre de faire marcher l'Horloge qu'il soit l'heure à laquelle les aiguilles sont arrêtées (16).

III.

22. Nous remarquerons encore qu'il n'y a pas dans les Horloges Marines, comme dans les Montres de poche, d'*aiguille de Rozette*, ou piece apparente propre à régler l'Horloge ; & on ne peut la régler sans retirer le mouvement de son tambour. Or il n'y a qu'un Artiste éclairé qui puisse faire cette

cette opération ; mais il suffit, dans l'usage des Horloges pour la Navigation, de connoître la quantité dont l'Horloge avance ou retarde chaque jour sur le moyen mouvement du Soleil (6). Ainsi un Navigateur n'a jamais besoin de toucher à l'Horloge pour la régler *au plus près*.

IV.

23. L'Horloge Marine la plus parfaite doit éprouver à la longue quelques petites variations, à mesure que les huiles s'épaississent ; mais il suffit, dans l'usage de ces machines pour la Navigation, que les variations n'excedent pas $2'' \frac{6}{7}$ par jour (5) : ce sont ces changements (lesquels s'accroissent comme le nombre des jours écoulés entre les observations) qui rendent les vérifications de la marche de ces machines nécessaires au bout d'un certain temps (six semaines, par exemple) ; ainsi, lorsqu'on veut avoir la longitude, on doit toujours employer la marche qu'on a reconnu à la derniere vérification.

V.

24. Lorsqu'on voudra se servir d'une Horloge Marine par de grands froids, il sera à propos de placer, dans l'armoire qui contient l'Horloge, une lampe allumée, afin que l'huile mise au rouage de la machine ne cesse pas d'être fluide : pour cet effet le Thermometre de Réaumur doit ne descendre qu'à 5^d au-dessus du terme de la congellation.

VI.

25. Les Horloges Marines sont suspendues de maniere que le tambour qui contient la machine reste vertical, ou ce qui revient au même, le Cadran est horizontal ; ainsi on ne doit jamais démonter ni toucher à aucunes des parties qui forment la suspension. afin de ne pas changer cette position verticale du tambour, essentielle à la justesse de l'Horloge.

VII.

26. Enfin nous observerons encore ici qu'il est à propos qu'une Horloge Marine soit nettoyée immédiatement avant chaque Campagne, afin d'avoir moins de variation à craindre

par les changements qui se font dans les huiles.

Des Montres à Longitudes.

27. Les Montres Marines pouvant être transportées pendant qu'elles marchent, les observations en deviennent beaucoup plus faciles. Ainsi la plupart des précautions que les Horloges exigent, deviennent inutiles pour les Montres : nous donnerons ici ce qui concerne la conduite des dernieres.

28. 1°. Pour envoyer une Montre Marine de Paris au Port par les voitures, il faut alors emballer la Montre, & dans ce cas elle ne doit pas marcher. Lors donc qu'elle sera arrivée au Port, on la retirera de sa boîte d'emballage. On remontera la Montre avec sa clef, ensuite, pour la faire marcher, on attendra le moment de midi, heure à laquelle les aiguilles sont arrêtées. A cet instant, ou à peu-près, on ouvrira la lunette qui contient la glace ; on desserrera la vis marquée *G*; on poussera cette vis en l'éloignant de la lettre *H* gravée exprès sur le cadran, & la Montre marchera ; on resserrera la vis, sans la ramener vers le point où elle étoit.

29. 2°. Si dans le Port de départ on avoit une Horloge Astronomique réglée, on constateroit facilement la marche de la Montre ; mais au défaut de la Pendule on pourra vérifier la marche de la Montre de dessus le Vaisseau lorsqu'il est dans le Port, en prenant à plusieurs jours différents des hauteurs correspondantes ou des hauteurs absolues du Soleil prises avec l'octant, pourvu que du Vaisseau on découvre l'horison de la mer ; si on ne le découvre pas, on pourra porter la Montre à terre, & faire ses observations de dessus quelques points dont on découvre l'horison.

30. 3°. Si la Rade est tellement environnée de terre que l'on ne puisse découvrir l'horison, on placera la Montre dans une Chaloupe, & on ira à l'entrée de la Rade pour y faire les observations.

31. 4°. Après avoir fait avec la Montre Marine toutes les observations qui doivent en constater la marche, on la placera

dans le Vaisseau de la même maniere que nous l'avons expliqué pour les Horloges Marines ; c'est-à-dire qu'on placera la Montre dans une armoire située auprès de la grande chambre ou dans la grande chambre même. La caisse de la Montre doit être amarée solidement dans son armoire, & de façon cependant à pouvoir la retirer lorsqu'on voudra faire des observations pour avoir la longitude : alors il sera plus commode de porter la Montre sur le Pont, afin de compter le temps de l'observation directement à la Montre à longitude. On pourra de cette maniere déplacer la Montre à chaque fois qu'on aura des observations à faire ; mais on aura attention, en la portant, de le faire avec précaution, afin de ne pas l'arrêter. Pour cet effet, on la tiendra bien horisontalement, & sans la faire tourner sur elle-même.

CHAPITRE III.

De la Division du Temps ; du Temps mesuré par les Horloges : des Tables de l'Equation du Temps, &c.

LE mouvement du Soleil étant celui qu'on observe le plus facilement, c'est à ce mouvement qu'on rapporte la mesure du temps.

Définition.

32. L'instant où le Soleil est parvenu à sa plus grande hauteur au-dessus de l'horison par sa révolution journaliere, est celui que l'on appelle *Midi*. Le temps qui s'écoule depuis le midi d'un jour au midi suivant, est ce qu'on appelle *Jour Astronomique* ou Solaire : on divise le jour en 24 parties égales appellées *Heures*.

33. On divise l'heure en 60 parties appellées *Minutes* : la minute est divisée en 60 parties que l'on nomme *Secondes* ; enfin

la seconde est divisée en 60 parties appellées *Tierces* (*a*).

34. Dans l'usage civil on compte un jour depuis minuit ou douze heures de la nuit, jusqu'à minuit suivant : ainsi le jour civil est composé de deux fois 12 heures. Les Astronomes sont dans l'usage de compter les heures de suite d'un midi à l'autre, sans les partager en 12 heures du soir & en 12 heures du matin, comme on fait dans l'usage civil : ils attribuent les heures du matin au jour précédent, & disent, par exemple, le 1 Septembre 1774, à 23 heures, au lieu de dire, comme dans l'usage civil, le 2 Septembre, à 11 heures du matin : c'est ce qui a introduit la distinction du *Temps Civil*, du *Temps Astronomique*. Il est nécessaire pour les Calculs d'Astronomie d'ajouter toujours 12 heures à celles du matin comptés en temps civil, afin de les rapporter au midi de la veille. Nous serons souvent obligés, pour la facilité des calculs, de nous conformer à l'usage des Astronomes, & de compter les heures du jour par une seule progression de 24 heures comptées d'un midi à l'autre.

35. Tous les jours de l'année ne sont pas exactement de même durée, car le Soleil emploie d'un midi à l'autre tantôt quelques secondes de plus, tantôt quelques secondes de moins que 24 heures de temps moyen. Le mouvement du Soleil est donc inégal ainsi que les Astronomes le démontrent (*b*), & qu'il est aisé de s'en convaincre par l'expérience ; car si on a une Horloge Astronomique qui soit réglée sur le *moyen mouvement* du Soleil, & que cette Horloge soit mise au midi du Soleil un jour quelconque, il arrivera que dans les autres jours de l'année le Soleil marquera midi tantôt avant, & tantôt après celui de l'Horloge. Or, puisque le mouvement de l'Horloge est supposé uniforme, & que par la nature même de ces machines il l'est nécessairement, il s'ensuit que la différence qui se trouve entre les

(*a*) Dans les calculs qu'on fait pour *la mesure du temps*, on abrege les mots, *heures*, *minutes*, *secondes*, &c : ainsi pour dire 6 heures, 36 minutes, 24 secondes, 17 tierces, on écrit simplement 6h. 36′. 24″. 17‴.

(*b*) Ceux qui seront curieux de connoître les causes des variations du Soleil peuvent consulter l'Article Equation de M. d'Alembert, dans l'Encyclopédie, l'Astronomie de M. de la Lande, &c.

deux midis eſt abſolument cauſée par l'inégalité même du mouvemeut du Soleil.

36. On appelle *Temps moyen* le temps meſuré par une Horloge à ſecondes réglée ſur le moyen mouvement du Soleil ; tel eſt le temps meſuré par l'Horloge que nous venons de ſuppoſer. Le temps moyen ou égal eſt le ſeul que les Horloges puiſſent meſurer. Lors donc que l'on veut régler une Horloge, ce qui ſe fait particuliérement à l'aide du Soleil, il faut néceſſairement faire abſtraction des variations du mouvement de cet aſtre.

37. Le temps qui eſt marqué par les Méridiennes, Cadrans ſolaires, &c. en général le temps meſuré par le Soleil s'appelle *Temps vrai*.

38. On appelle *Equation du temps* la différence qu'il y a entre le midi au Soleil, & le midi temps moyen donné par l'Horloge.

39. Les Aſtronomes ont calculé des Tables d'Equation qui marquent pour tous les jours de l'année la différence du temps vrai au temps moyen. Ces Tables ſont abſolument néneſſaires pour régler les Horloges : on en verra l'uſage par des Exemples, Chap. VIII & IX, lorſque nous traiterons de la maniere de conſtater la marche des Horloges avant le départ du Vaiſſeau.

Les Tables de l'équation du temps ſont placées à la fin de cet Ouvrage : elles ont été calculées pour l'inſtant de midi ſous le Méridien de Paris ; elles ſont tirées des Ephémérides des mouvements céleſtes, publiées par M. de la Lande.

La Table I, (pages 2 & 3 *des Tables*) de l'*Equation du Temps* eſt calculée pour l'année commune 1781 : 1ere. après la Biſſextile.

La Table II, (pag. 4 & 5 *des Tables*) eſt calculée pour 1782 : 2e. après la Biſſextile.

La Table III, (pag. 6 & 7 *des Tables*) eſt calculée pour 1783 : 3e. après la Biſſextile.

Enfin la IVe Table, (pag. 8 & 9 *des Tables*) eſt calculée pour l'année Biſſextile 1784. Chacune des Tables de l'Equation du temps peut ſervir ſans erreur ſans erreur ſenſible pendant 12

ou 16 ans, avant & après les années pour lesquelles elles ont été calculées; on voit au bas de chaque Table les années pour lesquelles elles peuvent servir.

Ces Tables indiquent pour chaque jour de l'année à l'instant du midi vrai le nombre de minutes, de secondes, & dixiemes de Secondes, dont le midi au Soleil avance ou retarde sur le midi temps moyen.

40. La premiere colonne de chaque page marque les jours du mois : les lettres initiales *R* ou *A* qui précedent les chiffres, servent à désigner le sens de la variation du Soleil. Les quantités qui suivent ces lettres marquent le nombre de minutes, de secondes, & dixiemes de secondes dont le midi du Soleil est en avance ou en retard sur le midi temps moyen; ainsi on voit, Table I, que le premier Janvier 1777, le Soleil retarde sur le temps moyen de 4′ 21″, 4, c'est-à-dire, qu'il est déja 4′ 21″, 4 de temps moyen, lorsqu'il n'est que midi au Soleil (*a*).

41. La derniere colonne de chaque mois marque pour tous les jours de l'année le nombre de secondes, & de dixiemes de secondes dont le mouvement du Soleil varie en 24 heures par rapport au moyen mouvement du Soleil que suit une Horloge bien réglée. Ce sont ces quantités qui, ajoutées ou soustraites, forment l'équation du temps; ainsi on voit, Table I, qu'en ajoutant à l'équation 4′ 21″, 4 du premier Janvier les 28″, 4, dont le mouvement du Soleil a retardé sur le moyen mouvement du 1 au 2, on aura 4′ 49″, 4, qui est l'équation du 2 Janvier.

Trouver l'Equation du Temps sous un autre Méridien que celui des Tables.

42. Les Tables de l'Equation du temps étant calculées pour l'instant de midi sous le Méridien de Paris, il faut, lorsqu'on

(*a*) Car lorsqu'on dit que le Soleil retarde, c'est comme si l'on disoit que le temps moyen avance, &c.

veut faire usage de ces Tables sous un autre Méridien, savoir à quelle heure de Paris répond le moment de l'observation. Nous allons donner les méthodes servant à trouver l'heure correspondante à Paris à l'instant de l'observation.

1°. *Trouver l'heure de Paris correspondante à l'heure d'une observation faite sous un Méridien quelconque.*

43. Pour trouver l'heure de Paris il faut savoir à peu-près (*a*) l'heure du lieu au moment où l'observation s'est faite : & il faut connoître de plus la différence de Méridien entre ce lieu & Paris : ainsi on n'aura qu'à ajouter ou à soustraire de l'heure de l'observation la différence des méridiens en temps (*b*) selon que le lieu de l'observation est à l'Occident ou à l'Orient de Paris, ce que l'on fera par les deux Regles suivantes.

PREMIERE REGLE.

44. *Si l'observation est faite à l'Occident du Méridien de Paris, l'heure de Paris devance celle de l'Observateur, il faut ajouter la différence des Méridiens à l'heure de l'observation ; on aura l'heure de Paris correspondante au moment de l'observation.*

I. Exemple

L'observation étant étant à 21^h ou 9^h du matin, par 4^h de différence occidentale, donne pour Paris 25^h ou 1^h après midi.

(*a*) Je dis à quelques minutes près ce qui est suffisant ; car plusieurs minutes d'incertitude dans l'heure ne peuvent causer qu'une erreur très-petite dans le calcul de l'Equation du temps : car l'équation ne change en 24 heures que de 30″ dans le temps où sa différence est plus grande, & dans ce temps-là même 15′ d'erreur dans l'heure ne causeroit qu'une différence de 3 dixiemes de secondes dans l'équation du temps ; d'ailleurs nous devons observer que la méthode que nous allons employer ici pour avoir l'heure de Paris ne doit servir que la premiere fois après qu'on a mis l'Horloge en marche, afin d'avoir l'heure par des hauteurs absolues du Soleil : une fois l'heure trouvée par ces hauteurs, l'Horloge indique toujours, avec la plus grande précision, l'heure de Paris : on en verra l'application, Chap. VIII & IX.

(*b*) On trouve à la fin de cet Ouvrage une Table qui marque la différence de Méridiens en degrés & en temps entre Paris & les principaux lieux de la terre ; ainsi on y trouvera la différence cherchée entre le lieu donné & Paris. (Voyez pages 22 & 23 *des Tables*).

II. EXEMPLE.

L'obſervation étant faite à 4^h du ſoir par 9^h de différence occidentale, donne pour Paris 13^h ou 1^h après minuit.

II. REGLE.

45. *Si le Méridien eſt à l'Orient de Paris, l'heure de l'obſervateur devance celle de Paris; il faut ſouſtraire la différence des Méridiens de l'heure de l'obſervation, on aura l'heure correſpondante à Paris.* Pour cela ſi la différence des Méridiens excede l'heure de l'obſervation, ajoutez 12 heures à celle-ci, ſi c'eſt le matin, ou 24 heures, ſi c'eſt le ſoir : le réſultat ſera l'heure de de Paris en comptant le jour de 24 heures à la maniere des Aſtronomes (34), c'eſt-à-dire, que ce ſera le matin, ſi le temps excede 12 heures, & le ſoir, s'il ne les excede pas.

I. EXEMPLE.

L'obſervation étant faite à 21^h ou 9^h du matin, par 4^h de différence orientale, donne pour Paris 17^h ou 5^h du matin.

II. EXEMPLE.

L'obſervation étant faite à 4^h du ſoir, ou 28 heures par 12 heures de différence orientale, donne pour Paris 16 heures ou 4^h du matin.

Après avoir trouvé, par les précédentes méthodes, l'heure correſpondante à Paris au moment de l'obſervation, on trouvera l'équation du temps à cette époque.

46. Si l'heure trouvée eſt avant midi, on ajoutera 12 heures (34), & on prendra la différence entre l'équation du temps du jour de l'obſervation & celle du jour précédent.

Si l'heure eſt après midi, on prendra la différence entre l'équation du temps du jour de l'obſervation & le ſuivant.

Le changement de l'équation du temps d'un jour à l'autre eſt marqué dans nos Tables ; on fera donc la proportion ſuivante. 47.

47. *Comme 24 heures sont à l'heure proposée, ainsi la variation de l'Equation du temps en 24 heures* est à un 4e. terme, qui sera la partie proportionnelle du changement de l'équation pour l'heure donnée.

48. Quand l'équation du temps va en croissant, on ajoute le 4e terme à l'équation de midi, si l'heure de Paris est après midi : si l'heure de Paris est avant midi, on soustrait le 4e. terme.

49. Quand l'équation du temps va en décroissant, on soustrait de l'équation de midi la partie proportionnelle, si l'heure est après midi : on l'ajoute si l'heure est avant midi.

50. *Trouver l'Equation du Temps du moment de l'observation.*

I. Exemple.

On demande l'Equation du temps le 20 Avril 1774 pour 4 heures après midi d'un lieu situé par 9^h à l'occident de Paris : on trouvera par l'Art. 44, qu'il étoit 13^h à Paris, ou en temps civil 1^h après minuit. L'équation va en croissant ; ainsi il faut prendre le changement du 20 au 21. On trouvera dans la Table II, colonne 4, la variation $12''$, 8, on fera la proportion suivante.

24 : 13 :: 12, 8 est à un 4e. terme qui est 6, 9 qu'on ajoutera à l'équation $1'\ 15''$, 1 du 20, on aura $1'\ 22''$, 0 pour l'équation du 20 à 1^h après minuit.

II. Exemple.

On demande l'équation du temps le 14 Mars 1774 (2e. année après la Bissextile) pour 22^h, ce qui répond à 10^h du matin du 15 d'un lieu situé à 3^h de longitude orientale : on trouve l'heure correspondante de Paris par l'Art. 45 de 19 heures ou 7^h du matin ; l'équation va en décroissant ; ainsi il faut prendre dans la colonne des variations la différence du 14 au

15 que vous trouverez de 17″, 3 : on fera la proportion 24 : 19 :: 17,3 est à un 4e. terme qui est 13″,7 qu'on ajoutera à l'équation 9′ 4″,3 du 15, on aura 9′ 18″ pour l'équation du 14 à 19^h, ou le 15 à 7^h du matin.

CHAPITRE IV.

Des Hauteurs correſpondantes du Soleil, ſervant à conſtater la marche des Horloges Marines dans les Ports & aux relâches.

51. DANS l'uſage ordinaire que l'on fait de la meſure du temps pour la vie civile, on ſe ſert de Pendules & de Montres : & pour régler ces machines on ſe ſert de Cadrans ſolaires ou de Méridiennes, & ces moyens ſont dans ce cas d'une aſſez grande préciſion ; mais ils ſont très-inſuffiſants dans l'uſage des Horloges Marines pour la Navigation : car les Cadrans ſolaires & les Méridiennes peuvent donner une & même pluſieurs minutes d'incertitude. D'ailleurs, quand même on obtiendroit par cette méthode l'exactitude requiſe, on n'a pas de Méridiennes dans tous les lieux où on navigue, & en mer il faut un tout autre moyen. Il faut donc qu'un Navigateur puiſſe dans tous les temps & dans tous les lieux, ſoit à terre ou dans le Vaiſſeau, trouver facilement & avec préciſion l'heure du Soleil ; & il faut bien remarquer que dans les obſervations qu'on fera pour connoître la marche des Horloges, on ne doit pas négliger la plus petite quantité ; car l'erreur d'une ſeconde, par exemple, dans l'évaluation de ſa marche journaliere, produiroit après 60 jours une erreur de 60″, ou une minute de temps qui équivaut à un quart de degré ſur la longitude, erreur qu'on pourroit attribuer à l'Horloge même. Il eſt donc néceſſaire de bien conſtater avant le départ, la marche de l'Horloge : voilà la véritable baſe ſur laquelle toutes les opérations qu'on fera

pendant la Campagne font établies. Heureusement que l'Astronomie nous fournit deux méthodes qui remplissent parfaitement tout ce qu'on demande pour avoir l'heure du Soleil dans tous les temps & dans tous les lieux.

52. La premiere de ces méthodes, qui est en même temps la plus simple & la plus exacte (a), est de trouver l'heure par des hauteurs correspondantes du Soleil, prises avant & après midi. Mais cette méthode ne peut servir avec un égal succès que lorsqu'on est à terre, & que les observations se font dans le même lieu. On pourroit à la vérité aussi l'employer à la mer, en tenant compte du chemin que le Vaisseau a fait dans l'intervalle des hauteurs ; mais cette estime du chemin du Vaisseau est très-incertaine, & complique le calcul.

53. La seconde méthode est celle de trouver l'heure par des hauteurs absolues du Soleil. Le calcul en est un peu plus long, mais cette méthode remplit tout ce que l'usage des Horloges exige, soit pour constater la marche de ces machines avant le départ du Vaisseau & dans les relâches, ou soit à trouver l'heure en mer pour conclure la longitude du Vaisseau par la comparaison de l'heure du Méridien de départ, conservée par l'Horloge avec l'heure actuelle du Vaisseau. Les avantages que présentent cette méthode nous déterminent à entrer dans tous les détails de calculs & d'observations qu'elle exige. Mais comme la méthode des hauteurs correspondantes peut être fort utile dans bien des cas, sur-tout pour constater la marche des Horloges avant le départ du Vaisseau & dans les relâches, nous traiterons premiérement de cette méthode, qui sera l'objet de ce Chapitre.

54. Nous devons observer ici que pour faire servir l'une ou

(a) Cette méthode donne une plus grande précision que celle des hauteurs absolues, parce que, pour prendre des hauteurs correspondantes, il n'est pas nécessaire que l'instrument dont on se sert soit parfaitement divisé, il suffit que l'on observe aux mêmes divisions le matin & l'après midi, au lieu que pour les hauteurs absolues, il faut la plus grande justesse dans les divisions de l'instrument, puisque, sans cela, on n'obtiendroit pas les hauteurs vraies du Soleil. D'ailleurs, dans la méthode des hauteurs correspondantes, l'instrument n'exige aucune vérification, & les réfractions Astronomiques n'influent point sur le temps, parce qu'elles sont les mêmes le matin & l'après-midi.

l'autre de ces méthodes à l'usage des Horloges dans la Navigation, il n'est besoin que d'un instrument qui est entre les mains de tous les Marins, & qui leur sert à trouver la latitude. Cet instrument est l'*Octant à réflexion* de Hadley (*a*).

55. La pratique de la méthode des hauteurs correspondantes du Soleil est fondée sur ce que cet astre est également élevé sur l'horizon, une heure avant son passage au Méridien, & une heure après; & que les moments où le Soleil a eu même hauteur le matin & le soir, doivent être à la même distance du Méridien, parce que le Soleil décrit une parallele à l'équateur, dont les deux parties sont égales à droite & à gauche du Méridien, à l'orient & à l'occident, du moins vers le temps des Solstices. Ainsi pour avoir rigoureusement le temps où le Soleil a passé au Méridien, il suffit d'observer par le moyen d'une Horloge le moment où il s'est trouvé à une certaine hauteur en montant & avant son passage au Méridien, & d'observer ensuite le temps où il se retrouve à la même hauteur en descendant, après son passage au Méridien. Le milieu entre les deux temps marqué par l'Horloge, sera le temps qu'elle marquoit lorsque le Soleil passoit au Méridien. Supposons que le 10 Septembre on ait observé le matin un des bords du Soleil dans un lieu situé par 49^d de latitude, & qu'on ait trouvé sa hauteur de 21^d, lorsque l'Horloge marquoit $8^h\ 50'\ 10''$. Supposons que plusieurs heures après le Soleil ayant passé au Méridien, on observe l'heure de l'Horloge au moment où la hauteur du Soleil est de 21^d vers le couchant, & qu'à cet instant l'Horloge marque $2^h\ 50'\ 30''$. Pour prendre le milieu entre les deux instants des hauteurs, il faut ajouter ensemble les deux nombres, & prendre la moitié de la somme. Mais il faut observer qu'au lieu de 2^h après midi, il faut écrire 14 heures, parce que l'Horloge doit être supposée avoir marqué de suite les heures selon l'ordre naturel, depuis 8 heures jusqu'à 14 (34), au lieu que dans le fait elle a fini à 12 heures pour recommencer par 1. 2, &c.

(*a*) On peut voir la description, l'usage & les vérifications de l'octant dans les Traités de Navigation de MM. Bouguer, de la Caille & Bezout.

Heure de l'Horloge au moment où le Soleil étoit à 21^d de hauteurs le matin. . . . . 8^h 50′ 10

Heure du soir 14 50 30

Somme des deux nombres . . . . . 23^h 40′ 40″

Moitié de la somme 11 50 20

Ainsi lorsque le Soleil étoit dans le Méridien, l'Horloge marquoit 11^h 50′ 20″; mais il faut bien remarquer que cet instant du midi trouvé par des hauteurs correspondantes, n'est le vrai midi que lorsque le Soleil ne change pas sensiblement de déclinaison dans l'intervalle des observations, ce qui n'a lieu que vers les Solstices : car, hors ce temps, le Soleil arrive le soir plutôt ou plus tard à la même hauteur que celle à laquelle il étoit le matin au moment de l'observation ; & cette différence est d'autant plus grande que l'intervalle entre les observations est plus grand, & le changement du Soleil en déclinaison plus sensible : ainsi le midi conclu par des hauteurs correspondantes du Soleil, a besoin d'une correction que l'on trouve dans les Tables IX & X.

56. La Table X est calculée pour la latitude 48^d 50′ 12 (qui est celle de Paris), & elle peut servir pour la latitude de 49^d où nous supposons que l'observation a été faite. On trouve dans cette Table (p. 20 des Tables), vis-à-vis le 10 Septembre, & au-dessous de 3^h moitié de l'intervalle entre les observations, la quantité 17″, 6 *additive*. On ajoutera donc ce nombre à 11^h 50′ 20″ trouvé ci-dessus, & on aura pour le temps que marquoit l'Horloge à l'instant du midi vrai 11^h 50′ 37″, 6, c'est-à-dire, que l'Horloge retarde sur le midi vrai de 9′ 22″, 4.

La premiere observation des hauteurs correspondantes du soleil a servi, comme on vient de voir, à trouver la différence de l'heure de l'Horloge au midi vrai ; mais pour connoître la marche de l'Horloge, c'est-à-dire, la quantité dont elle avance ou dont elle retarde sur le moyen mouvement du Soleil, il faut prendre des hauteurs correspondantes à deux jours différents ; car il ne suffit pas de savoir que l'Horloge avance ou retarde de telle quantité, il faut voir le jour sui-

vant, ou pour le mieux quelques jours après, si elle avance ou retarde de la même quantité que lors de la premiere observation ; & il faut de plus, pour connoître la véritable marche de l'Horloge, tenir compte des variations du Soleil dans l'intervalle des observations des hauteurs correspondantes prises à quelques jours d'intervalle : un Exemple rendra plus sensible cette opération.

57. Il faut encore remarquer que pour rendre l'opération des hauteurs correspondantes plus certaine, c'est-à-dire, pour avoir le vrai midi plus exactement, il est nécessaire de prendre plusieurs hauteurs le matin, & autant de correspondantes le soir : en prenant un milieu entre tous les midis conclus de ces hauteurs, on diminue l'erreur qu'on auroit à craindre si l'on employoit qu'une seule hauteur le matin & sa correspondante du soir.

EXEMPLE.

Hauteurs correspondantes prises le 23 Septembre 1774.

Hauteurs observées au Soleil.		*Heures marquées par l'Horloge au moment des hauteurs du matin.*			*Heures marquées par l'Horloge au moment des hauteurs du soir.*		
Degrés.	Minutes.	Heures.	Minutes.	Secondes.	Heures.	Minutes.	Secondes.
54...	30...	9...	58...	12...	1...	44...	58...
54...	20...	10...	0...	2...	1...	43...	10...
54...	0...	10...	3...	35...	1...	39...	36...
53...	20...	10...	11...	3...	1...	32...	6...
53...	0...	10...	14...	58...	1...	28...	11...
51...	30...	10...	34...	33...	1...	8...	37...

Résultats des Hauteurs correspondantes.

En ajoutant chaques correspondantes, on aura..........

	9h	58′	12	10h	0′	2″	10h	3′	35″	10h	11′	3	10h	14	58	10h	34	33
	13(a)	44′	58	13	43	10	13	39	36	13	32	6	13	28	11	13	8	37
Somme.....	23	43	10	23	43	12	23	43	11	23	43	9	23	43	9	23	43	10
Moitié.....	11h	51′	35″	11	51	36	11	51	35,5	11	51	34,5	11	51	34,5	11	51	35

(a) Voyez N° 55.

11^h ... 51	35	
11 ... 51	36	
	35,5	
	34,5	
	34,5	
	35,5	
	210,5	6
	30	35″ 5‴

Pour trouver le milieu entre les six hauteurs, il faut les ajouter & diviser par six nombres de ces hauteurs : on se contentera de faire une somme des secondes les seules quantités qui different ; on trouve 35″ 5‴ (on peut négliger ces 5‴).

Ainsi lorsqu'il étoit midi au Soleil l'Horloge marquoit	11^h 51′ 35″
Ajoutez pour la correction des hauteurs, ou le changement en déclinaison, Table X, pour 2^h demi-intervalle	18″(*a*)
Heure marquée par l'Horloge au moment du midi vrai au Soleil	11_h 51 53
Donc l'Horloge retarde sur le midi vrai de	8′ 7″
Mais on trouve qne le 23 Septembre 1774 le Soleil avance sur le temps moyen (*b*) (voyez Table II) de	7′ 48, 1
Donc l'Horloge retarde sur le temps moyen de	0_h 0′ 18″,9

58. Après avoir trouvé, comme on vient de le voir, la quantité absolue dont le temps de l'Horloge differe du temps moyen, pour connoître son avance ou retard journalier, il faut prendre au bout de trois ou quatre jours (*c*) de nouvelles hauteurs correspondantes du Soleil. On trouvera, de la meme maniere que nous venons de le faire dans l'exemple précédent, la quantité dont l'Horloge avance ou retarde sur le temps moyen. Si on trouve, par exemple, qu'au bout de quatre jours (c'est-à-dire le 27 Septembre), au lieu de retarder de 18″,9, ainsi qu'elle faisoit le 23 Septembre, elle avance au

(*a*) On trouve dans la Table 17″,9 qui font très-à peu-près 18″.

(*b*) Ou ce qui revient au même, le temps moyen retarde sur le temps vrai de 7′48″,1 : or l'Horloge retarde de 8′ 7″ sur le midi au Soleil, donc elle *retarde*, comme on le voit ci-dessus, de 0^h 0′ 18″, 9.

(*c*) Je dis trois ou quatre jours & même plus ; car plus l'intervalle entre les jours où on a pris des hauteurs correspondantes sera grand, & plus on aura exactement la marche de l'Horloge ; parce que si l'on a commis quelques erreurs dans les observations, cette erreur étant repartie sur un plus grand nombre de jours, on aura plus sûrement la véritable marche de l'Horloge.

contraire de 15″ sur le temps moyen, il s'ensuivroit que l'Horloge auroit avancé de 33″,9 en 4 jours, ou de 34″ en nombre rond, ou en divisant par 4 de 8″ ½ par jour. Car dans le cas supposé l'Horloge n'auroit pas seulement avancé des 15″ dont elle avance le 27 sur le temps moyen, mais de plus des 18″,9 dont elle retardoit le 23.

REMARQUE.

59. Nous avons supposé dans les Exemples précédents que les observations des hauteurs correspondantes ont été faites sous la même latitude à peu-près que celle de Paris, & dans ce cas on a pu faire usage de la Table X pour la correction du midi; mais cette Table ne pouvant servir que pour cette latitude, pour y suppléer, on a calculé les *Tables générales* des pages 18 & 19 qui peuvent servir pour les autres latitudes: nous allons en expliquer l'usage.

Usage des Tables d'Equation générales pour le midi conclu par des hauteurs correspondantes.

Les Tables de l'Equation des hauteurs correspondantes du Soleil sont prises de l'Astronomie de M. de la Lande.

La Table X est calculée pour la latitude de Paris, c'est-à-dire pour 48ᵈ 50′ 12″.

60. La premiere partie de la Table générale pour l'équation des hauteurs correspondantes (Table IX,) est constante, ainsi elle sert pour toutes les latitudes septentrionales ou méridionales, c'est-à-dire qu'elle conserve les mêmes signes sous toutes les latitudes au nord & au midi de l'Equateur.

On ne peut employer la seconde partie de l'équation générale (Table IX,) telle qu'elle est, que sous la latitude de 45ᵈ. Par toutes les autres latitudes il faut multiplier les nombres de cette Table par la tangente de la latitude, & c'est à cet usage que sont destinées les deux colonnes placées

placées à la fin de la seconde partie de l'Equation générale (*a*). Les signes de cette seconde Table doivent changer lorsqu'on passe du côté du Pôle austral. Nous allons expliquer l'usage de ces Tables par des Exemples.

EXEMPLE I.

Trouver l'Equation du midi le 21 Mai pour la Latitude Septentrionale, 49^d pour 6^h d'intervalle entre les hauteurs.

61. On trouve dans la Table IX, premiere Partie, vis-à-vis le 21 Mai, & au-dessous de 3^h moitié de l'intervalle entre les hauteurs, que l'équation est de 2″, 25 *additive;* & dans la seconde Partie, Table IX, vis-à-vis le 21 Mai, & au-dessous de 3^h on trouve . . . . 8″,64 quantité qui doit être multipliée par . . . . 1 ,15 tangente de la latitude.

(60) 43 20
86 4
864
On a 9,99360 dont il faut retrancher la premiere Part. additive . . 9,93 60
2, 25
On a l'Equat. soustract. 7″,6860
On soustraira donc 7″,6860 ou 7″,7 du midi marqué par l'Horloge au moment du midi au Soleil.

REMARQUES.

62. La premiere Partie de l'Equation générale étant additive; il faut l'ajouter au midi de l'Horloge, ou ce qui revient au même, la retrancher de la seconde Partie, comme on l'a fait

(*a*) Nous n'avons donné les tangentes des latitudes que jusqu'à 60^d, parce que l'équation des hauteurs correspondantes n'est pas assez exacte pour les latitudes qui sont au-delà de 60^d; & pour avoir l'équation des hauteurs des plus grandes latitudes, il faut calculer deux triangles sphériques; mais dans ce cas il sera plus simple d'employer les hauteurs absolues du Soleil, au lieu des hauteurs correspondantes.

dans cet Exemple. Ainsi lorsque les signes de deux Tables sont différents, il faut soustraire la premiere Partie de l'Equation de la seconde; & lorsque les signes des Tables sont les mêmes, on ajoutera les deux Equations.

63. Si les latitudes sont méridionales, on trouvera l'équation du midi par la même méthode; mais on changera ensuite les signes, c'est-à-dire, que si après avoir calculé l'équation du midi on a trouvé qu'elle devoit être ajoutée à l'heure de l'Horloge par une latitude septentrionale, il faudra au contraire retrancher cette même équation de l'heure de l'Horloge, si la latitude est méridionale; & si l'équation est trouvée soustractive pour la latitude septentrionale, on l'ajoutera pour la latitude méridionale.

64. Les Tables générales n'étant pas calculées pour tous les jours de l'année, & pour toutes les parties d'heures, ce qui les auroit rendues trop étendues, il sera nécessaire de prendre des parties proportionnelles pour les jours & pour les parties d'heures.

EXEMPLE.

Le 24 Mars on a pris des hauteurs correspondantes 3^h $15'$ avant & après midi par 10^d de latitude méridionale.

1°. *Pour l'Heure.*

On trouve l'Equation du midi, Table IX, seconde Partie (*a*), pour le 20 Mars de ... $17''$,17 pour 3^h $20'$ demi-intervalle, & pour 3^h $0'$ on a 16 74

La différence est de .... $0''$, 43 de 3^h $0'$ à 3^h $20'$.

On fera la proportion si pour $20'$ de différence l'équation change de 43 centiemes de secondes, combien changera-t-elle pour $15'$.

(*a*) Nous ne prenons ici les parties proportionnelles que pour la 2e Partie, page 19, dont les différences sont plus considérables. Cependant on peut, pour plus d'exactitude, prendre également les parties proportionnelles pour la premiere Partie, mais à vûe, sans faire la Regle de Trois.

Ou 20' : 43 : : 15 : x = 32 centiemes qu'on ajoutera à l'équation 16", 74, on aura 17", 06, équation qui répond à 3^h 15'.

2°. *Pour le jour.*

L'équation du 20 Mars pour 3^h 20', nombre plus approchant, eſt de . . . . . . 17",17
Pour le 30 elle eſt de . . . 16 86

Différence. . . . . 31 centiemes.

Le changement en 10 jours eſt de 31 centiemes, ou environ 3 centiemes par jour; & pour 4 jours on a 12 centiemes qu'on ajoutera à l'équation 17", 06 trouvée pour 3^h 15', on a l'équation . . . . 17", 18
qui doit être multipliée par la tangente de la latitude . . 0, 18

13744
1718

3",0924

On a donc pour la ſeconde partie de l'équation (*a*) 3",0924 qui eſt marquée *ſouſtractive* dans la table. Mais comme dans le cas actuel on ſuppoſe la latitude méridionale, cette partie de l'équation devient *additive* (63); on l'ajoutera donc à 0", 30 (*b*) centieme équation de la premiere partie qui eſt auſſi additive; on aura 3,3924 pour l'équation totale qu'on ajoutera à l'heure que marquoit l'Horloge à l'inſtant du midi vrai.

(*a*) Si l'obſervation eût été faite par 2 degrés de latitude, on auroit multiplié l'équation 17,18 par 0,03, elle ſeroit devenue 0", 5154, c'eſt-à-dire qu'elle ſeroit d'environ ½ de ſecondes; & ſi l'obſervation étoit faite à 0 degré de latitude, c'eſt-à-dire ſous l'équateur, il y auroit 0 d'équation pour la ſeconde Partie de la Table générale : on n'emploieroit dans ce cas que la premiere Partie de l'équation générale, page 18 des Tables.

(*b*) On trouve Table IX, premiere Partie de l'équation générale que le 20 Mars, il y a zéro équation, & que le 30 Mars, pour 3^h 20' elle eſt 0", 75. Pour avoir l'équation du 24 on fera la proportion : ſi 10 jours de différence donnent 0", 75; combien 4 jours donneront-ils : on trouve pour quatrieme terme 0", 30 quantité additive.

De la maniere de prendre les hauteurs du Soleil avec l'Octant.

65. Pour obtenir des hauteurs correspondantes ou absolues du Soleil toute la précision requise, il faut, autant qu'il est possible, pour prendre ces hauteurs, choisir l'instant où le mouvement du Soleil en hauteur est le plus rapide; parce qu'alors le changement de hauteur étant plus sensible sur l'instrument, on est plus assuré de la justesse de l'observation. En général le moment le plus favorable pour prendre des hauteurs du Soleil, est depuis 8^h du matin jusqu'à 10^h, & de 2^h après midi jusqu'à 4^h.

66. Lorsqu'on prend des hauteurs correspondantes, ou des hauteurs absolues du Soleil, il faut le concours de deux personnes, l'une prend la hauteur de l'astre avec l'octant, tandis que l'autre compte le temps à l'Horloge. Celui qui est à l'Horloge doit compter à haute voix; celui qui observe suivra le mouvement de l'astre en hauteur, & nommera la seconde de temps à laquelle il observe que le bord inférieur du Soleil paroîtra raser bien exactement l'horizon. On portera d'abord sur un regîstre les nombres de secondes que marquoit l'Horloge au moment de ce contact. On écrira de même le nombre de minutes de temps de l'Horloge à ce même instant, & puis l'heure. Ensuite l'observateur examinera sur le limbe le degré & la minute sur laquelle la ligne de foi de l'alidade est arrêtée: on écrira le degré & la minute à côté du temps marqué par l'Horloge à l'instant de cette hauteur.

67. Le matin, au moment qu'on veut prendre les hauteurs du Soleil, il faut faire mouvoir l'alidade, de sorte que le disque du Soleil soit en partie *noyé* par l'horizon. On arrêtera l'alidade de façon que la ligne de foi, ou une des lignes du *Nonius*, corresponde parfaitement à une des divisions de l'instrument; ensuite on attendra que le Soleil en s'élevant parvienne à l'horizon: l'instant ou le bord inférieur du Soleil ne fera que toucher l'horizon par un point vif & distinct, sera

celui qu'il faut saisir pour avoir la hauteur du Soleil ; & il faut connoître à cet instant le temps marqué par l'Horloge : on y procédera de la maniere qu'on l'a expliqué ci-dessus.

68. L'après-midi on remettra la ligne de foi de l'alidade exactement sur le même degré & minute sur lequel elle étoit arrêtée le matin, & on attendra que le bord inférieur du Soleil vienne raser l'horizon. On comptera de même que le matin les secondes à l'Horloge, & on écrira sur le registre, à côté de l'observation du matin, la seconde, la minute & l'heure que marquoit l'Horloge à l'instant de ce contact.

CHAPITRE V.

Méthode exacte pour trouver l'heure en mer par une hauteur absolue du Soleil.

69. LA méthode des hauteurs correspondantes du Soleil, que nous avons donné dans le Chapitre précédent, est très-bonne pour servir à terre lorsque les observations du matin & du soir sont faites dans le même lieu ; mais elle peut difficilement servir à la mer, à cause de l'estime incertaine du chemin fait par le Vaisseau dans l'intervalle des hauteurs prises le matin & le soir. Les Astronomes emploient avec succès la méthode de trouver l'heure par une hauteur absolue du Soleil, prise avant ou après midi, & cette méthode peut être également employée à la mer & à terre avec l'octant, pourvu qu'on voye l'horizon de la mer.

70. La hauteur du Soleil ayant été observée, on en prendra le *Complément* (*a*) qu'on joindra avec le complément de la latitude & au complément de la déclinaison. Si le Soleil est du côté du Pôle élevé, il faut ôter sa déclinaison de 90 degrés ; mais s'il étoit du côté du Pôle abaissé, il faudroit ajouter sa dé-

(*a*) On appelle *Complément* d'un arc, ce qui lui manque pour faire 90 degrés.

clinaiſon à 90 degrés, & ce feroit cette diſtance qu'on ajouteroit avec les deux autres compléments.

71. Les quantités dont il s'agit ſont les trois côtés d'un triangle formé dans le Ciel, dont les trois angles ſont au Zénith, au Soleil & au Pôle. Ce triangle eſt du nombre de ceux qu'on nomme *Sphérique*, parce qu'il eſt formé ſur la ſurface d'une Sphere par trois arcs de grands cercles.

72. Les trois côtés de ce triangle étant connus, c'en eſt aſſez pour réſoudre le Problême qui conſiſte à trouver l'*Angle horaire*, ou la diſtance du Soleil au Méridien. Nous allons donner ici les regles de calcul ſervant à réſoudre ce Problême pour trouver l'heure, en renvoyant, pour la démonſtration de la Regle, au Traité de Navigation *in*-8°. de M. Bouguer, revu par M. l'Abbé de la Caille; au Traité de Navigation de M. Bezout, & à l'Aſtronomie de M. de la Lande.

Regle de Calcul pour trouver l'heure par une hauteur abſolue du Soleil.

73. Pour avoir la diſtance d'un Aſtre au Méridien par le moyen de ſa hauteur obſervée (& corrigée), de ſa déclinaiſon connue & de la hauteur du Pôle : écrivez comme dans l'exemple ſuivant, la diſtance vraie de l'Aſtre au Zénith : écrivez au-deſſous le complément de la hauteur du Pôle, & à côté ſon logarithme ſinus : écrivez encore au-deſſous le complément de la déclinaiſon (*a*) de l'Aſtre, & à côté ſon logarithme ſinus. Ajoutez les deux logarithmes ſinus ; ajoutez enſemble les trois arcs ; prenez la moitié de la ſomme : de cette moitié ôtez d'abord le complément de la latitude ; & à côté de ce premier excès, mettez ſon logarithme de ſinus : de cette même moitié ôtez la diſtance du Soleil au Pôle, ou le complément de la déclinaiſon ; & à côté de ce ſecond excès, écrivez ſon loga-

(*a*) C'eſt-à-dire la diſtance du Soleil au Pôle.

rithme sinus : ajoutez ensemble les logarithmes de sinus des excès, & augmentez de 20 la caractéristique : de cette somme ôtez la somme des logarithmes de sinus, des compléments de la latitude & de la déclinaison ; prenez la moitié du reste, ce sera le logarithme sinus d'un arc qu'il faut chercher dans les Tables des logarithmes sinus, puis le doubler, & l'on a enfin l'arc de la distance du Soleil au Méridien, ou l'angle horaire cherché.

74. Nous allons appliquer la Regle à un Exemple où l'on suppose la latitude septentrionale de $14^d\ 57'\ 3''$.

La hauteur vraie du Soleil $58^d\ 34'\ 43''$.

La Déclinaison (boréale) $9^d\ 14'\ 29''$.

EXEMPLE.

Distance du Soleil
au Zénith, ou *Complément* (*a*) de la hauteur vraie $31^d\ 25'\ 17''$
Distance du Soleil
au Pôle, ou Complément de la Déclinaison (*b*) 80 45 31 dont le Log. Sin. est 9,994326
Distance du Pôle
au Zénith, ou Complément de la Latitude . . . 75 2 57 dont le Log. Sin. est 9,985045

Somme . . . 187 13 45 Somme des Sin. de Complément 19,979371

Demi-Somme . . . 93 36 53
Otez-en le Compl. de la Latitude 75 2 57
2e. Excès . . . 18 33 56

Demi-Somme . . 93 36 53
Otez-en le Compl. de la Déclinaison . 80 45 31
1er Excès . . . $12^d\ 51'\ 22''$ son Log. Sin. est 9,347336
2e. Excès . . . 18 36 56 son Log. Sin. est 9,502958

Ajoutez deux fois le Logarithme du Rayon . . . 20
Somme des Sinus des Excès 38,850294
Otez-en la Somme des Sinus des Compléments 19,979371
Reste 18,870923
Demi-Reste ou Logarithme Sinus (*c*) du demi-Angle horaire 9,435462
Demi-Angle horaire en Degrés, dont le double est la distance au Méridien . . . . . $15^d\ 49$
Angle horaire en Degrés. . . . . $31^d\ 38'$
Angle horaire en Temps . . . . $2^h\ 6'\ 32''$

(*a*) Le Complément est la quantité qui manque à 90^d ; ainsi, en ôtant $58\ 34'\ 43''$, hauteur vraie du Soleil de 90^d, on a pour Complément $31^d\ 25\ 17$.

(*b*) Si cette même Déclinaison du Soleil étoit australe, la distance du Soleil au Pôle eût été de $99^d\ 14'\ 29''$. Or ce dernier nombre ne se trouve pas dans les Tables ; & dans ce cas, pour avoir son Sinus dans les Tables, il faut savoir que le Sinus d'un arc plus grand que 90^d est le même que celui de son supplément ; ainsi dans le cas supposé on chercheroit, à la place de $99^d\ 14'\ 29''$, le reste à 180^d : on auroit $80^d\ 45'\ 31''$.

(*c*) En cherchant dans les Tables des Logarithmes Sinus, on trouve qu'à côté du Log. Sin. 9,435462 répond $15^d\ 49'$.

II. EXEMPLE.

75. On est par $30^d\ 10'$ de Latitude méridionale lorsque la déclinaison du Soleil est de $20^d\ 6'$ septentrionale : la hauteur observée & corrigée du Soleil est de $10^d\ 28'$: on demande quelle heure il est à cet instant.

Le complément de la latitude est de $59^d\ 50'$. La distance du Soleil au Pôle est de $110^d\ 6'$, puisque l'Astre est du côté du Nord, & qu'on est par une latitude méridionale (70). La distance du Soleil au Zénith est de $79^d\ 32'$.

Complément de la hauteur vraie...	$79^d\ 32'$		
Complément de la Déclinaison ..	110 6 (a)	ou 69^d 54 *Supplément* (b) a 180^d dont le Log. Sin. est ...	9,972709
Complément de la Latitude	59 50	, son Logarithme Sinus est	9,936799
Somme	$249^d\ 28'$		19,909508
Demi-Somme ..	124 44		
	110 6		
Demi-Somme 124 44	1er Exc. $14^d\ 38'$	, son Log. Sin. est	9,402489
59 50	2e Exc. 64 54	, son Log. Sin. est	9,956921
64 54			
		Deux fois Log. Ray....	20
		Somme Sin. ...	39,359410
		Otez-en la Somme des Log. Compl.	19,909508
		Reste ...	19,449902
		Log. Sin. du demi-Angle horaire ...	9,724951 = $32^d\ 4'$
		Angle horaire ...	$64^d\ 8'$

La valeur de $64^d\ 8'$ ou de l'Angle horaire est de $4^h\ 16'\ 32''$ en temps : c'est la distance du Soleil au Méridien. Ainsi lorsqu'on a fait l'observation il étoit $4^h\ 16'\ 32''$ après midi : ou si la hauteur a été prise le matin, il étoit $7^h\ 43'\ 28''$.

(a) Ce nombre n'est pas dans les Tables, on cherchera à sa place le reste à 180^d, qui est 69^d 54.

(b) On appelle Supplément d'un arc ce qui lui manque pour aller à 180^d degrés.



Observations

Observations sur la maniere d'obtenir l'heure en mer, avec la plus grande précision, par les hauteurs absolues du Soleil.

La méthode de trouver l'heure par des hauteurs absolues du Soleil est, sans contredit, la meilleure & la plus simple qu'on puisse employer en mer; mais pour avoir des résultats exacts, il faut y procéder de la maniere que nous allons l'expliquer.

76. 1°. Lorsqu'on prend la hauteur du Soleil, on doit saisir l'instant où son mouvement en hauteur est le plus sensible, c'est-à dire, qu'il s'éleve ou s'abaisse au moins de 3 ou 4 minutes de degrés à chaque minute de temps. Il faut donc pour cela que si le Navire est hors des Tropiques, l'Astre soit au moins éloigné de deux heures du Méridien. En général, plus l'Astre est éloigné du Méridien, & voisin du premier vertical, & plus l'observation de sa hauteur est propre à faire trouver le temps vrai avec précision.

77. 2°. Il faut que l'Astre ne soit pas aussi trop près de l'horizon, parce que la *Réfraction Astronomique* n'y est pas toujours la même, & qu'elle y est fort incertaine: on peut observer les Astres à 5 ou 6 degrés de hauteur, & au-dessus.

78. 3°. Il faut faire une réduction exacte de la route faite Nord & Sud par le Navire, depuis le moment qu'on a eu une latitude exacte, jusqu'à celui où l'on a observé la hauteur de l'Astre, afin d'avoir avec le plus de précision qu'il est possible la hauteur du Pôle qui entre dans le calcul de l'heure.

79. 4°. Pour trouver l'heure avec la plus grande précision par les hauteurs absolues du Soleil, on ne doit pas se contenter d'une seule hauteur; mais en observer consécutivement quatre ou cinq, & prendre un milieu entre les hauteurs; prendre de même le milieu entre les temps marqués à la Montre : par ce moyen on partage l'erreur de l'observation & celle de l'instrument. Cette méthode a été pratiquée avec succès par MM. de Fleurieu & Pingré : on en verra l'application Chap. VIII.

80. 5°. Si l'octant est garni d'une lunette qui renverse les objets, l'horizon sera vu au-dessus du Soleil; mais comme le bord inférieur de l'astre est devenu le bord supérieur dans la lunette, l'inférieur *réel* se trouvera toujours le plus voisin de l'horizon apparent; ainsi en prenant la hauteur du bord le plus voisin de l'horizon dans la lunette, on aura la hauteur du bord inférieur *réel*.

81. 6°. Toutes les fois qu'on observe la hauteur du Soleil avec l'octant, soit pour en conclure l'heure (ou pour avoir la latitude), il est à propos de vérifier (*a*) cet instrument avant & après les observations. Car, selon la remarque de M. de Fleurieu (*b*), il s'est assuré qu'un octant qui est fait

(*a*) La vérification de l'octant doit avoir deux objets; le premier de s'assurer si le grand & le petit miroir sont perpendiculaires au plan de l'instrument; s'ils ne l'étoient pas, on s'en appercevroit à ce qu'en regardant l'horizon à travers la partie non étamée du petit miroir & l'image du même horizon dans la partie étamée, celle-ci ne se trouveroit point dans un même alignement avec la premiere, mais feroit un angle avec celle-ci. Pour y remédier, on a placé, sur le pied de chaque monture des deux miroirs, des vis qui servent à les redresser.

Le second objet de vérification est le parallélisme des miroirs. Lorsqu'on se sera assuré que les deux miroirs sont perpendiculaires au plan de l'instrument, on reconnoîtra que les deux miroirs ont entr'eux la direction convenable, si en regardant le terme de l'horizon ou un autre objet fort éloigné, on peut en mettant l'alidade sur le point zéro de la graduation, faire arriver l'image de cet objet avec cet objet même vu à travers la partie non étamée; de sorte que ces deux objets soient dans un même point ou dans une même ligne perpendiculaire au plan de l'instrument. Si lors de ce concours l'alidade ne répondoit pas à zéro, ce seroit une preuve que les deux miroirs ne sont pas paralleles. Il faudroit donc corriger la position du petit miroir en le faisant tourner sur son support, jusqu'à ce que les deux objets fussent dans une même ligne, lorsque l'alidade est à zéro: ou bien il faudroit tenir compte de la quantité dont l'alidade est en-dedans ou en-dehors de la ligne zéro lors de cette vérification. Nous renvoyons, pour un plus grand détail concernant ces vérifications, au nouveau Traité de Navigation de M. Bezout; mais les Marins sont au fait de ces vérifications de l'octant, puisqu'ils ont également besoin de les faire pour avoir la latitude.

Un troisieme objet de vérification, c'est le parallélisme des deux surfaces du grand miroir; car, quoique les grands miroirs doivent être tellement exécutés que les deux surfaces soient paralleles, il se peut faire qu'il y ait quelques différences. On voit par les calculs de M. Bezout, dans son Traité de Navigation, qu'une petite différence dans l'épaisseur du grand miroir causeroit une erreur sensible dans l'angle mesuré; & M. le Chevalier de Borda a proposé un moyen de vérification bien facile, c'est de retourner le grand miroir côté pour côté, & de mesurer un grand angle dans les deux positions du miroir. La moitié de la différence des deux angles sera le changement causé par la différence d'épaisseur du grand miroir; différence qui ira en diminuant si on prend des angles plus petits que celui qui a servi à la vérification; & en augmentant, s'il est plus grand.

(*c*) *Voyage fait en mer par ordre du Roi* &c. App. pag. 451.

partie en bois & partie en cuivre, éprouve de l'altération par la chaleur, ensorte qu'il en résulte un changement dans la position respective des glaces.

82. 7°. La hauteur que nous avons employé dans le calcul précédent n'est pas la véritable hauteur du Soleil : il y a plusieurs corrections à faire aux hauteurs observées pour avoir la vraie hauteur du centre du Soleil. Elle doit être corrigée ; 1°, de l'*inclinaison de l'horizon de la mer ;* 2°, des *Réfractions Astronomiques ;* 3°, de la *Parallaxe* ; 4°, du *demi-diametre* du Soleil. Nous allons donner une idée plus étendue de ces corrections, dont nous ferons l'application avec tous les détails dans les Chapitres VIII & IX.

Des Corrections qu'il faut appliquer aux hauteurs observées ou apparentes du Soleil.

PREMIERE CORRECTION.

De l'Inclinaison de l'Horizon de la Mer.

83. L'horizon de la Mer, dont on se sert pour mesurer avec l'octant la hauteur du Soleil, ne donne pas une ligne qui soit exactement de niveau avec l'œil de l'Observateur. L'Observateur est élevé, par exemple, dans un Vaisseau de 10 à 12 pieds au-dessus de la surface de l'eau ; mais à cette cause qui rend l'horizon plus abaissé que l'Observateur, il s'en joint une autre qui est la rondeur de la Terre, ce qui abaisse encore plus l'horizon par rapport à l'Observateur ; ensorte que pour que l'Observateur eût une ligne qui fût exactement de niveau, il faudroit qu'il rapportât les hauteurs à une ligne qui fût élevée d'environ 20 ou 24 pieds au-dessus de l'extrémité apparente de l'horizon de la Mer.

Lors donc que l'on observe la hauteur du Soleil, cet Astre doit paroître plus haut qu'il n'est réellement de toute la quantité qui correspond à l'élévation de l'Observateur au-dessus de l'horizon de la Mer. Il faut donc dans ce cas retrancher de la

hauteur observée l'inclinaison ou abaissement de l'horizon; ou ce qui revient au même, il faut ajouter cette inclinaison à la distance au Zénith. Nous donnons ici la Table XIII, page 21 *des Tables*, qui indique les quantités qu'il faut ajouter aux distances au Zénith, pour la correction de l'inclinaison de l'horizon.

II. CORRECTION.

De la Réfraction Astronomique.

84. La Réfraction Astronomique est la quantité de minutes & de secondes dont les rayons de lumiere se courbent en traversant obliquement notre Atmosphere. Les rayons de lumiere ne nous viennent point en ligne droite, ils se courbent sensiblement en traversant toute l'épaisseur de l'air qui environne la terre: on nomme *Réfraction Astronomique* ce détour que souffrent les rayons de lumiere. La réfraction éleve les astres en apparence, & on sait, par une infinité d'observations certaines, que lorsqu'ils nous paroissent à l'horizon, ils sont réellement 32 ou 33′ de degré au-dessous. Puisque la réfraction éleve l'astre en apparence, il faut la retrancher de la hauteur, & l'ajouter à la distance au Zénith: on a dressé des Tables qui indiquent les réfractions pour toutes les hauteurs, depuis l'horizon jusqu'au Zénith. La Table XII que nous donnons ici est extraite de celles de M. l'Abbé de la Caille: on trouve cette Table page 21 *des Tables*.

III. CORRECTION.

De la Parallaxe.

85. On appelle *Parallaxe* l'angle que font deux lignes tirées, l'une du centre de la terre, l'autre du lieu où est l'Observateur au centre de l'astre. La parallaxe fait paroître les astres plus abaissés qu'ils ne sont réellement, au contraire de la réfraction qui les éleve.

Quoique la parallaxe puisse être négligée dans le calcul de l'heure; pour ne rien omettre, nous en avons donné la Table XIV, pag. 21 *des Tables*.

IV. CORRECTION.

Le demi-diametre du Soleil.

86. Lorſqu'on obſerve la hauteur du Soleil avec l'octant, il faut toujours faire raſer le bord de l'image du Soleil avec l'horizon de la mer plutôt que de mettre par eſtime le centre du Soleil ſur cet horizon; mais alors il faut corriger l'obſervation du demi-diametre : la Table XI, pag. 21, en marque les quantités.

Lorſqu'on obſerve au bord inférieur (*réel*) du Soleil, il faut ôter le demi-diametre, de la diſtance vraie du bord au Zénith.

CHAPITRE VI.

De la Déclinaiſon du Soleil.

87. LA déclinaiſon du Soleil ou ſa diſtance à l'Equateur eſt un des éléments du calcul qui ſert à trouver l'heure par une hauteur abſolue du Soleil. Il eſt également néceſſaire de connoître la déclinaiſon du Soleil pour déterminer la latitude. C'eſt à ce double uſage que ſont deſtinées les Tables des pages 10, 11 & ſuiv. *des Tables*. Ces Tables ſont tirées des Ephémérides des Mouvements céleſtes, publiées en 1774 par M. de la Lande.

REMARQUE.

Les Tables de la déclinaiſon du Soleil, & celles de l'Équation du Temps, ne ſont parfaitement exactes que dans les années 1780, 1781, 1782, 1783 & 1784, pour leſquelles elles ont été calculées; mais les différences qui ont lieu dans les années qui précédent ou qui ſuivent 1780, &c. ſont ſi petites, eu égard à l'uſage des Horloges dans la Navigation, qu'on ne doit pas en tenir compte : car l'erreur qui peut en réſulter ne peut changer que de quelques ſecondes, le temps abſolu ſervant à donner la longitude; & quant à l'eſtime de la marche de l'Horloge, ces différences y influent encore moins, parce que les changements de l'Equation du Temps & de la déclinaiſon du Soleil qui ont lieu d'un jour au ſuivant, ſont toujours ſenſiblement les mêmes aux mêmes époques, quoique les Tables ſoient calculées pour une autre année, même fort éloignée de celle où on les fait ſervir.

La Table V. (pag. 10 & 11 *des Tables*) de la déclinaiſon du Soleil, eſt calculée pour l'année 1781, premiere après la Biſſext.

La Table VI. (pag. 12 & 13 *des Tables*) eſt calculée pour 1782, deuxieme année après la Biſſextile.

La Table VII. (pag. 14 & 15 *des Tables*) eſt calculée pour 1783, troiſieme année après la Biſſextile.

Enfin la Table VIII. (pag. 16 & 17 *des Tables*) eſt calculée pour l'année Biſſextile 1784.

88. Chacune des Tables de la déclinaiſon du Soleil peut ſervir, ſans erreur ſenſible, pendant 12 ou 16 avant & après les années pour leſquelles elles ont été calculées : on a marqué au bas de chaque Table les années pour leſquelles elles peuvent ſervir.

Trouver la Déclinaiſon du Soleil pour une heure quelconque ſous le Méridien de l'Obſervateur.

89. Les Tables de la déclinaiſon du Soleil indiquent pour tous les jours de l'année, à l'inſtant du midi vrai ſous le Méridien de Paris, le nombre de degrés, de minutes & de ſecondes, dont le Soleil eſt diſtant de l'Equateur : & j'ai joint à ces mêmes Tables la différence en déclinaiſon pour chaque jour dans l'intervalle de 24 heures. On trouvera par analogie quelle doit être la déclinaiſon du Soleil à une heure donnée ſous le Méridien de Paris ; ainſi, pour connoître la déclinaiſon du Soleil à une heure donnée ſous un Méridien quelconque différent de Paris, il faut premierement chercher à quelle heure de Paris répond l'heure de l'obſervation, & calculer la déclinaiſon pour l'heure de Paris.

Nous avons donné, Art. 43 & ſuiv. les méthodes propres à trouver l'heure correſpondante de Paris au moment d'une obſervation faite ſous un autre Méridien : on trouvera donc par les mêmes méthodes l'heure de Paris.

90. Si l'heure trouvée eſt avant midi, on lui ajoutera 12 heures (34), & on prendra la différence entre la déclinaiſon du jour de l'obſervation & du jour précédent.

91. Si l'heure trouvée eſt après midi, on prendra la différence entre la déclinaiſon du jour de l'obſervation & du jour ſuivant.

92. Le changement de Déclinaiſon en 24 heures étant donné par nos Tables, on fera la proportion ſuivante.

93. *Comme 24 heures ſont à l'heure propoſée, ainſi le changement de déclinaiſon en 24 heures* eſt à un quatrieme terme, qui ſera la partie proportionnelle du changement en déclinaiſon pour l'heure donnée.

94. Quand la déclinaiſon va en croiſſant, on ajoute le quatrieme terme à la déclinaiſon de midi, ſi l'heure de Paris eſt après midi; ſi l'heure de Paris eſt avant midi, on ſouſtrait le quatrieme terme.

95. Quand la déclinaiſon va en décroiſſant, on ſouſtrait de la déclinaiſon de midi le quatrieme terme, ſi l'heure eſt après midi; on l'ajoute ſi l'heure eſt avant midi.

Trouver la déclinaiſon du Soleil au moment de l'Obſervation.

I. Exemple.

96. On demande la déclinaiſon du Soleil le 20 Avril 1773 (1ère année après la Biſſextile) pour 4^h après midi d'un lieu ſitué par 9^h de longitude occidentale: cherchez d'abord l'heure qu'il doit être à Paris à l'inſtant de l'obſervation; vous trouverez, par la méthode de l'Art. 44, qu'il étoit 13^h à Paris, ou en temps civil 1^h après minuit. La déclinaiſon va en croiſſant, ainſi il faut prendre, dans la Table V, pag. 10 le changement du 20 au 21, qui eſt 20′ 20″ (en 24^h): on fera donc la proportion ſuivante:

24 : 13 :: 20′ 20″ ou 20 $\frac{1}{3}$ eſt à un 4e terme qui eſt 11′; & comme la déclinaiſon va en croiſſant, & que l'heure eſt après midi, on ajoutera le 4e terme à 11^d 44′ 4″ déclinaiſon du 20; on aura 11^d 55′ 4″ pour la déclinaiſon du Soleil le 20 Avril à 13^h de Paris, qui correſpondent à 4^h après midi du lieu de l'obſervation.

II. EXEMPLE.

97. On demande la déclinaison du Soleil le 22 Janvier 1772 (année Bissextile) à 22 heures (qui répondent à 10^h du matin le 23) d'un lieu situé par 3^h de longitude orientale de Paris : cherchez d'abord, par la méthode de l'Art. 45, l'heure de Paris à l'instant donné; vous trouverez qu'il est 19^h (ou 7^h du matin en temps civil) : la déclinaison va en décroissant, ainsi il faut prendre dans la Table VIII, pag. 26, le changement du 22 au 23, qui est $13' 56$: on fera donc la proportion :

$24 : 19 :: 13' 56''$ est à un 4e terme qui est $11'$, qui doivent être ajoutées, parce que l'heure est avant midi, & que la déclinaison est décroissante : on ajoutera donc $11'$ à la déclinaison du 23 Janvier, qui est $19^d\ 27'\ 21$; on aura $19^d\ 38'\ 21''$ pour la déclinaison du 22 Janvier à 19^h à Paris, ou le 23 Janvier à 10^h du matin, moment de l'observation.

CHAPITRE VII.

Déterminer la Latitude par la hauteur méridienne du Soleil.

98. POUR observer la hauteur méridienne du Soleil, faites coincider le bord inférieur du Soleil avec l'horizon ; suivez le mouvement de l'Astre jusqu'à ce qu'il cesse de monter. Les degrés & minutes marqués par l'alidade, à compter depuis l'extrémité du limbe qui est du côté de l'Observateur, donneront la hauteur apparente du bord inférieur du Soleil. Si l'instrument est garni d'une lunette qui renverse les objets, l'horizon sera vu en-dessus du Soleil ; mais comme le bord inférieur de l'Astre paroît le supérieur dans la lunette, en prenant la hauteur du bord le plus voisin de l'horizon dans la lunette, on aura la hauteur du bord inférieur réel (80).

1°, Prenez le complément de la hauteur observée, vous aurez la distance apparente du bord inférieur du Soleil au Zénith.

2°.

2°, Ajoutez l'inclinaiſon de l'horizon correſpondante à l'élévation de l'œil au-deſſus du niveau de la mer (Table XIII), vous aurez la diſtance du bord du Soleil au Zénith corrigée de cette premiere erreur.

3°, A cette diſtance corrigée, ajoutez l'excès de la réfraction ſur la Parallaxe (Table XII) & (XIV), vous aurez la diſtance vraie du bord inférieur au Zénith.

4°, Si vous avez obſervé au bord inférieur du Soleil ; ôtez le demi-diametre de la diſtance vraie du bord au Zénith.

5°, Cherchez la déclinaiſon du Soleil pour le jour donné, & le Méridien de l'Obſervateur (89 & ſuiv.), c'eſt-à-dire, pour l'heure de Paris qui répond au midi du lieu de l'Obſervateur : vous connoiſſez à peu-près votre longitude ou la différence de Méridiens avec Paris : cette différence réduite en temps donnera directement l'heure de Paris ; ce ſera l'heure du ſoir ſi le lieu de l'obſervation eſt à l'occident de Paris ; s'il eſt à l'orient, ôtez de 12 heures la différence des Méridiens, vous aurez l'heure de Paris : vous pouvez également connoître l'heure de Paris par le ſecours des Horloges Marines.

99. Selon les cas la déclinaiſon doit être ajoutée à la diſtance au Zénith, ou doit en être ſouſtraite pour avoir la latitude : on ne pourra jamais s'y tromper ſi l'on fait attention à la regle ſuivante.

Si l'ombre de l'Obſervateur & la déclinaiſon ſont de *même dénomination* (*a*), *ajoutez* dans tous les cas la déclinaiſon du Soleil à ſa diſtance au Zénith, vous aurez la latitude. Si l'ombre de l'Obſervateur & la déclinaiſon ſont *de dénomination différente* : *ôtez* la déclinaiſon de la diſtance au Zénith (ou la ſeconde de la premiere), ſelon que l'une ſurpaſſe l'autre, vous aurez la latitude.

Si l'on étoit *ſans ombre* à midi, le Soleil eſt au Zénith : il a 90 degrés de hauteur ; la déclinaiſon eſt égale à la latitude.

Nota. Dans les modeles de calcul que je vais donner pour les trois cas poſſibles, j'ai toujours ſuppoſé que le Pôle élevé étoit le Pôle Nord, c'eſt-à-dire que la latitude de l'Ob-

(*a*) C'eſt-à-dire du côté du même Pôle.

servateur étoit septentrionale. Mais l'application des regles est générale, & convient également aux latitudes méridionales. Le changement de dénomination n'apporte aucune difficulté, & on peut s'en rapporter au discernement des Navigateurs sur l'emploi des regles que nous avons établies.

Modele de Calcul pour trouver la latiude par la hauteur méridienne du Soleil.

Le 18 Juillet 1769 par 2^h 17′ de longitude occidentale de Paris; l'ombre & la déclinaison du côté du même Pôle : toutes les deux du côté du Nord.

Compl. de la hauteur, ou distance ap. au Zénith.	19^d	3′	30″
Inclinaison de l'horizon pour 13 pieds (*ajoutez*) . .	0	3	41
Distance apparente du bord inférieur au Zénith . .	19	7	11
Excès de la réfraction sur la Parallaxe (*ajoutez*) . . .	0	0	16
Distance vraie du bord inférieur au Zénith . .	19	7	27
Demi-diametre du Soleil (*à soustraire*) . . .		15	46
Distance vraie du centre au Zénith	18	51	41
Déclinaison (*a*) boréale, (*ajoutez*)	20	56	27
Latitude septentrionale.	39	48	8

Le 30 Avril 1769 par 3h 44′ longitude occidentale de Paris; l'ombre & la déclinaison de côtés différents.

La Déclinaison du côté du Nord; l'Ombre du côté du midi.

Complément de la hauteur ou dist. app. au Zénith.	0^h	51′	0″
Inclinaison de l'horizon pour 14 pieds (*ajoutez*) . .	0	3	48
Distance app. du bord inférieur au Zénith . . .	0	54	48
Excès de la réfraction sur la Parallaxe (*ajoutez*) . .	0	0	1
Distance vraie du bord au Zénith	0	54	49
Demi-diametre app. du Soleil (*à soustraire*) . .		15	53
Distance vraie du centre au Zénith	0	38	56
Déclinaison bor. (*ôtez*) la plus petite quantité de la plus grande)	15	0	37
Différence ou latitude septentrionale	14	21	41

(*a*) Voyez Article 89 & suiv. la méthode de trouver la déclinaison du Soleil.

Le 18 Février 1769 par $0^h\ 43'$ de longitude occidentale de Paris ; l'ombre & la déclinaiſon de côtés différents.

La déclinaiſon du côté du Sud ; l'ombre du côté du Nord.

Complément de la haut. ou diſt. app. au Zén.	55^d	$52'$	$00''$
Inclinaiſon de l'horiz. pour 14 pieds ½ (*ajoutez*).	00	3	52
Diſtance app. du bord inférieur au Zénith. . .	55	55	52
Excès de la réfraction ſur la Parallaxe (*ajoutez*).	0	1	16
Diſtance vraie du bord inférieur au Zénith.	55	57	8
Demi-diametre apparent (*à ſouſtraire*) . .	0	16	11,5
Diſtance vraie du centre au Zénith . . .	55	40	56,5
Déclinaiſon auſtrale (*à ſouſtraire*) . . .	11	22	24,5
Latitude ſeptentrionale	44	18	32

CHAPITRE VIII.

Conſtater la marche des Horloges Marines avant le départ du Vaiſſeau, afin de connoître le retard ou l'accélération de leur mouvement journalier, par rapport au moyen mouvement du Soleil.

100. APRÈS avoir expliqué, comme nous l'avons fait dans les Chapitres précédents, les diverſes obſervations & calculs que l'uſage des Horloges Marines exige, il ne nous reſte plus qu'à en faire l'application par des exemples ſuivis qui réuniront les regles précédentes : c'eſt l'objet de ce Chapitre & du ſuivant.

101. La vérification que nous allons traiter dans ce Chapitre ſeroit des plus ſimples ſi dans tous les Ports on avoit une Horloge Aſtronomique réglée. Il ſuffiroit alors de comparer le temps marqué par l'Horloge Marine à celui de la Pendule, pour connoître la marche de la premiere, & deux jours ſuf-

firoient : mais comme nous supposons que l'on n'a point cette facilité, & que l'on n'est muni que d'un octant ordinaire, nous allons entrer dans les détails des moyens qu'il faut mettre en usage pour constater la marche des Horloges Marines avec le secours de l'octant.

102. Pour connoître le mouvement journalier de l'Horloge avant le départ, il suffira d'observer à deux Epoques éloignées l'une de l'autre de cinq ou six jours, par exemple, quelle est à chaque époque la différence entre le *temps marqué par l'Horloge*, & le *temps moyen* du Port. Si cette différence est la même aux deux époques, l'Horloge suit exactement le moyen mouvement du Soleil, & dans ce cas elle est *réglée* ; mais si la différence n'est pas la même, divisez par le nombre des jours écoulés la quantité dont l'Horloge a accéléré ou retardé sur le temps moyen dans l'intervalle des deux observations, vous aurez la *marche* de l'Horloge.

103. Nous avons vu qu'on pouvoit employer deux méthodes pour trouver l'heure, celle des hauteurs correspondantes du Soleil, & celle des hauteurs absolues (52) ; & quoique cette derniere méthode exige plus de calcul, elle pourra cependant paroître plus commode, & nous l'employons par préférence, & d'autant plus qu'on ne peut trouver l'heure à la Mer que par des hauteurs absolues du Soleil : cette méthode exige que l'on connoisse la latitude du lieu & la longitude rapportée au Méridien de Paris : nous disons au Méridien de Paris, parce que c'est pour ce Méridien qu'ont été calculées les Tables de la déclinaison du Soleil & de l'équation du temps, dont nous ferons usage.

Premier Jour d'observation.

104. On prendra avec l'octant ou le *sextant* à réflexion une ou plusieurs hauteurs absolues du Soleil, soit le matin, soit l'après-midi ; & l'on observera l'heure, la minute, & la seconde marquée par l'Horloge à l'instant où un des bords du Soleil (l'inférieur par préférence) est parvenu à la hauteur à laquelle on s'arrête : c'est-à-dire, lorsque le bord de l'Astre

rase exactement l'horizon, tandis que la ligne de foi de l'alidade est fixée sur une des divisions du *limbe*.

On pourroit se contenter d'une seule hauteur, mais il est plus à propos d'en prendre cinq ou six de suite; & si l'on emploie dans ce calcul une hauteur moyenne entre celles qu'on aura prises, on obtiendra un résultat plus exact.

EXEMPLE.

A $14^d\ 52'\frac{1}{2}$ de latitude septentrionale, & à $25^d\ 50'$ à l'occident de Paris, le 13 Avril 1769 dans la matinée, on a pris les hauteurs suivantes du bord inférieur du Soleil à 22 pieds d'élévation au-dessus du niveau de la Mer.

Hauteur du bord inférieur du Soleil.				Temps marqué par l'Horloge (*a*).		
	57^d	$39'$	$15''$	11^h	$1'$	$56''$
	57	56	15	11	3	5
	58	10	0	11	4	6
	58	56	0	11	7	14
	59	13	30	11	8	32
Somme . . .	291	55	0	Somme 55	24	53
Le cinquieme en haut. moy. .	58	23	0	Le $\frac{1}{5}$ ou heure moy. 11	4	$58\frac{6}{10}$.

Réduire plusieurs Observations à une seule.

Faites la somme des cinq hauteurs, vous aurez $291^d\ 55$; & divisant par 5, le quotient ou la hauteur moyenne sera $58^d\ 23'$.

Faites pareillement la somme des heures, vous aurez $55^h\ 24'\ 53''$; & divisant par 5, le quotient ou l'*heure moyenne*, correspondante à la hauteur moyenne, sera $11^h\ 4'\ 58''\frac{6}{10}$ du 13 Avril matin, ou $23^h\ 4'\ 58''\frac{6}{10}$ du 12 Avril, pour compter à la maniere des Astronomes.

Prenez le complément de la hauteur moyenne, c'est-à-dire, soustrayez $58^d\ 23'$ de 90 degrés, vous aurez $31^d\ 37'$ pour la *distance observée ou apparente du bord inférieur du Soleil au Zénith.*

(*a*) Si l'Horloge Marine est de l'espece de celles qui ne peuvent pas être portées sur le pont pour y faire les observations, on prendra l'heure de cette Horloge avec une Montre Marine ou même une simple Montre à secondes, & on fera les observations avec la Montre; mais il faudra s'assûrer que la Montre a un mouvement égal à celui de l'Horloge, ou tenir compte de la différence.

1°. Réduisez cette distance apparente du bord en distances vraies du centre.

105. Corrigez-la d'abord de l'inclinaison de l'horizon proportionnelle à l'élévation de l'œil au-dessus du niveau de la Mer, que nous supposons ici de 22 pieds, vous trouverez dans la Table XIII, page 21 *des Tables*, qu'à cette élévation l'inclinaison de l'horizon est de 4′ 50″, qu'il faut *ajouter* à la distance apparente 31^{d} 37, vous aurez 31^{d} 41 50″ pour la *distance corrigée de l'inclinaison de l'horizon.*

En second lieu il faut corriger cette distance de l'effet de la réfraction, & de celui de la Parallaxe. Vous trouverez dans la Table XII, qu'à 31^{d} de distance au Zénith, la réfraction est de 40″, & de 42″ à 32^{d}; c'est-à-dire, que pour 1 degré ou 60′ la réfraction augmente de 2″. Cherchez combien elle augmente à proportion pour 41′ 50, ou 42 minutes en nombre rond, vous aurez 60 : 2 :: 42 est à $1\frac{24}{60}$: en négligeant cette fraction, ajoutez 1″ à la réfraction 40″, vous aurez 41″; pour la réfraction cherchée : de cette réfraction, *ôtez la* Parallaxe dont l'effet est en sens contraire, & que vous trouverez dans la Table XIV de 4″ $\frac{1}{2}$ pour 32^{d} (en négligeant la fraction de $\frac{1}{2}$″), vous aurez 36″ pour la réfraction moins la Parallaxe. *Ajoutez* ces 36″ à la distance corrigée de l'inclinaison de l'horizon, vous aurez 31^{d} 42′ 26″ pour la *distance vraie du bord inférieur au Zénith.*

Otez de cette distance le demi-diametre du Soleil pour le jour donné que vous trouverez dans la Table XI de 15′ 58″, le reste 31^{d} 26′ 28″ sera la *distance vraie du centre du Soleil au Zénith*. C'est le premier côté du triangle, le côté opposé à l'angle qu'on veut trouver.

2°. Cherchez la Déclinaison du Soleil pour l'instant de l'observation, & pour la trouver, commencez par chercher quelle heure il est à Paris (a).

106. Vous connoissez à quelques minutes près l'heure qu'il est au lieu où vous observez (43). Nous avons supposé d'ail-

(a) Voyez les Regles aux Articles 79 & suivants.

leurs qu'on connoît la longitude du lieu ou sa différence de Méridiens par rapport à Paris : supposons donc qu'il est à peu-près 10^h du matin du 13 Avril, ou 22^h du 12, & que le lieu où l'on observe est à $25^d\ 50'$, c'est-à-dire à $1^h\ 43$ à l'occident de Paris. Puisque vous ôtez à l'Occident, *ajoutez* (44) la différence des Méridiens ($1^h\ 43$) à l'heure de l'observation ($22^h\ 43$), vous aurez l'heure de Paris $23^h\ 43'$ du 12 Avril.

A présent cherchez la déclinaison du Soleil (à midi, Méridien de Paris) pour le 12 Avril 1769 (c'est-à-dire la premiere année après la Bissextile), vous la trouverez (Table V, page 10) de $8^d\ 54'\ 57''$ boréale : vous trouverez, dans la même Table, que le changement en declinaison du 12 Avril au 13 est de $21'\ 43''$ en 24 heures : faites la proportion $24^h : 21'\ 43''$ (ou 21,7) : : $23^h\ 43'$ (ou 23^h,7) $21'$,45 ou $21'\ 27''$: le quatrieme terme est le mouvement du Soleil en déclinaison dans l'intervalle de $23^h\ 43'$. Comme la déclinaison va en *croissant*, ajoutez (94) $21'\ 27''$ à la déclinaison du 12 à midi $8^d\ 54'\ 57''$, la somme $9^d\ 16'\ 24''$ fera la déclinaison du 12 à $23^h\ 43'$ de Paris, ou 10^h du matin du 13 (*a*).

Trouver la distance du Soleil au Pôle.

107. Prenez le complément de la déclinaison, c'est-à-dire soustrayez $9^d\ 16'\ 24''$ de 90 degrés, vous aurez $80^d\ 43'\ 36''$ pour le second côté du triangle, ou la *distance du Soleil au Pôle.*

Nota. La déclinaison est ici du même côté que la latitude, l'une & l'autre septentrionale : en conséquence nous avons pris le complément de la déclinaison pour avoir la distance du Soleil au Pôle ; mais si la déclinaison & la latitude étoient de *différent côté* par rapport à l'équateur, c'est-à-dire l'une *Sud* & l'autre *Nord*, alors on ajouteroit 90^d à la Déclinaison, & la somme feroit la distance du Soleil au Pôle (70).

(*a*) On auroit pu se servir également de la déclinaison du 13 à midi : on auroit ôté de celle-ci la partie proportionnelle du mouvement en déclinaison pour $17'$, quantité qui manque à $23^h\ 43'$ pour faire les 24^h.

Calcul du Triangle ſphérique pour trouver l'Angle horaire.

108. Ecrivez les trois côtés du Triangle ſphérique comme vous le voyez ci-deſſous, & faites les opérations de calcul de la maniere qu'elles ont été expliquées (Article 73 *& ſuiv.*), & qu'on les voit ici.

	Diſtance vraie du centre du Soleil au Zénith . . .	31d 26′ 28″	Logarithmes Sinus.
	Diſtance du Soleil au Pôle	80 43 36 (*b*)	9,994287
	Diſtance du Zénith au Pôle (*a*)	75 7 30 (*c*)	9,985196
	Somme des trois côtés . . .	187 17 34	19,979483
	Moitié de la Somme . . .	93 38 47	
	Otez-en la diſt. du Sol. au Pôle,	80 43 36	
Demi-ſom. 93 38 47	vous aurez le 1er Excès . .	12d 55′ 11″ (*d*)	9,349444
75 7 30	Otez de la demi-ſomme la diſt.		
2e Excès. 18 31 17	du Zén. au Pôle, vous aurez		
	le 2e Excès	18d 31′ 17″ (*e*)	9,501961
	Ajoutez deux fois Log. du Rayon		20
	Somme des Logarithmes des Excès (& du Rayon) . .		38,851405
	Otez-en la ſomme des Logarithmes des deux côtés . . .		19,979483
	Reſte . . .		18,871922
	Moitié (*f*) . .		9,435961
	Angle correſpondant à ce Log. . . .	15d 50′ 7″	
	Double de cet Angle, ou Angle horaire . .	31d 40′ 14″	

(*a*) Ou *Complément de la Latitude*. Nous avons ſuppoſé (104) qu'on étoit par 14d 52′ 30″ de latitude : le complément de ce nombre à 90d eſt 75d 7′ 30″.

(*b*) Pour avoir le Logarithme Sinus de 80d 43′ 26″, cherchez dans la Table celui de 80d 43′, & prenez la différence de ce Log. à celui de 80d 44 : en ſouſtrayant le plus petit du plus grand, vous trouverez que leur différenee eſt 21 : dites à préſent 1′ ou 60″ eſt à 21 de différence, comme 36″ eſt au 4e terme qui ſera 13 : c'eſt la différence proportionnelle pour 36″; ajoutez donc 13 au Log. de 80d 43′, qui eſt 9,994274, vous aurez 9,994287 pour le Log. de 80d 43′ 36″.

(*c*) Le Logarithme Sinus de 75d 7′ eſt 9,985180 : la différence de ce Log. à celui de 75d 8′ eſt de 33 : dites 60″ : 33 :: 30″ : 16; ajoutez donc 16 au Log. de 75d 7′, vous aurez 9,985196 pour le Log. de 75d 7′ 30″.

(*d*) Le Logarithme Sin. de 12d 55′ eſt 9,349343 : la diff. de ce Log. à celui de 12d 56′ eſt 550, dites 60″ : 550 :: 11″ : 101; ajoutez donc 101 au Log. de 12d 55′, vous aurez 9,349444 pour le Logarithme de 12d 55′ 11.

(*e*) Le Log. Sin. de 18d 31′ eſt 9,501854 : la différence de ce Log. à celui de 18d 32′ eſt 377 : dites 60″ : 377 :: 17 : 107; ajoutez donc 107 au Log. de 18d 31′, vous aurez 9,501961 pour le Log. de 18d 31′ 17″.

(*f*) Cherchez ce Logarithme dans les Tables, pour ſavoir à quel angle il répond.

Conclure

Conclure le Temps vrai de l'Obſervation.

109. L'angle horaire étant trouvé, il eſt facile d'en conclure le temps vrai du lieu de l'obſervation, en réduiſant en temps cet angle horaire : on ſe ſervira de la Table XVII, page 24.

31^d valent	2^h	$4'$	$0''$	
$40'$ valent	0	2	$40''$	
$14''$ valent	0	0	0	$56'''$
Somme . . .	2^h	$6'$	$40''$	$56'''$
ou très-approchant . .	2^h	$6'$	$41''$	

110. Si l'obſervation avoit été faite après midi, l'angle horaire ainſi réduit en temps donneroit *l'heure* ou le temps vrai du ſoir ; mais comme l'obſervation a été faite avant midi, on a ici la quantité dont il s'en manque qu'il ne ſoit midi. Ainſi retranchez de 24^h la valeur de l'angle horaire $2^h\ 6'\ 41''$, vous aurez $21^h\ 53'\ 19''$ du 12 Avril : ou ſi vous voulez retrancher l'angle horaire de 12 heures ; vous aurez $9^h\ 53'\ 19''$ du 13 Avril, matin en temps civil.

Trouver le Temps moyen de l'Obſervation.

111. Pour trouver le temps moyen il faut chercher l'équation du temps pour l'inſtant de l'obſervation, lequel répond, comme on l'a vu (106), à $23^h\ 43'$ du 12 Avril à Paris.

Vous trouverez dans la Table de l'Equation du Temps que le 12 Avril à midi (*voyez* Table I, page 2) le Soleil *retarde* ſur le temps moyen de $37'',5$; & dans la colonne *des Variations* en 24 heures, vous trouverez que le retard du Soleil a

S'il ne s'y trouve pas exactement tel qu'il eſt, vous chercherez quel eſt le Logarithme le plus approchant par *défaut* (c'eſt-à-dire moindre que le donné), ce ſera ici 9,435908. C'eſt le Log. Sin. de $15^d\ 50'$: ſouſtrayez ce Log. de celui que vous cherchez, c'eſt-à-dire de 9,435961, le reſte ou la différence ſera 53 ; prenez enſuite dans la Table la différence du Log. de $15^d\ 50'$ à celui de $15^d\ 51'$, elle eſt de 445 : dites à préſent $445^{dif.} : 60'' :: 53^{dif.} : 7''$: ajoutez donc $7''$ à $15^d\ 50'$, vous aurez $15^d\ 50'\ 7''$ pour l'arc ou l'angle correſpondant au Log. donné 9,435961.

diminué de 15″,8 du 12 au 13 : dites 24^h : 15″,8 :: 23^h 43′ : (ou 23^h,7) : 15″,6 diminution proportionnelle. *Otez* (*a*) donc cette quantité de l'équation du temps pour midi du 12, c'est-à-dire de 37″5, vous aurez 21″,9 pour l'*équation du temps à l'instant de l'observation*.

Le temps vrai déduit de l'observation étoit 9^h 53′ 19″, *ajoutez-y* l'équation du temps (puisque le Soleil est en retard), vous aurez *le temps moyen de l'observation* 9^h 53′ 40″,9 du 13 Avril matin, ou 21^h 53′ 40″,9 du 12 Avril.

CONCLUSION.

Trouver la quantité dont le temps marqué par l'Horloge differe du temps moyen de l'observation.

112. Comparez au temps moyen de l'observation le temps marqué par l'Horloge Marine 11^h 4′ 58″,6 (104) : en retranchant le premier de celui-ci, qui est le plus grand, vous trouvérez que le 13 Avril, vers 10^h du matin, l'Horloge Marine étoit en avance sur le temps moyen du lieu de l'observation de 1^h 11′ 17″$\frac{7}{10}$, ce qu'il falloit trouver.

Deuxieme Jour d'observation.

113. Quatre ou cinq jours après les premieres observations faites le 13 Avril (le 18 du même mois, par exemple, vers $10^h \frac{1}{2}$ du matin), nous supposons qu'on a pris des hauteurs absolues du Soleil pour connoître une seconde fois la différence du temps marqué par l'Horloge au temps moyen du lieu de l'observation. Les opérations de calcul sont les mêmes que celles que nous venons de détailler pour le premier jour : nous nous contenterons de les mettre sous les yeux du Lecteur sans aucune explication.

(*a*) On doit retrancher la partie proportionnelle 15″,6 de l'équation 37″,5 du 12, parce que l'heure donnée 23^h 43′ est après midi du 12, & que l'équation va en diminuant (49).

Hauteur observ. du bord infér. du Soleil.				Temps marqué par l'Horloge.		
65d	50'	45	. . . .	11h	32	5
66	4	0	. . . .	11	33	8
66	22	0	. . . .	11	34	17
66	37	0	. . . .	11	35	27
66	52	45	. . . .	11	36	30

Somme des cinq hauteurs	331	46	30	Somme	57	51	27
Le $\frac{1}{5}$ ou hauteur moyenne	66d	21'	18"	le $\frac{1}{5}$ ou haut. moy. .	11h	34'	17" $\frac{4}{10}$
Complément ou dist. apparente du Soleil au Zénith	23	38	42				
Ajoutez Inclin. hor. pour 22 pd. .	0	4	50				
Ajoutez Réfrac. moins la Parall. . .	0	0	26				
Distance vraie du bord infér. au Zén.	23	43	58				
Otez demi-diametre	0	15	56				
Dist. vraie du cent. du Sol. au Zén.	23	28	2				

Distance du Soleil au Pôle.

114. Nous avons supposé qu'il est à peu-près 10h $\frac{1}{2}$ du matin, & que le Port où l'on observe est à 1h 43' à l'occident de Paris : il est donc à peu-près midi à Paris ; nous pouvons donc employer la déclinaison du Soleil telle qu'elle est dans la Table au jour donné.

Déclinaison du Soleil, boréale . . .	11d	2'	49"
Complément ou *dist. du Sol. au Pôle* . .	78d	57'	11"

Distance du Zénith au Pôle.

115. Nous avons supposé (104) que le Port étoit situé par la latitude de . . . . 14d 52' 30" Nord

Complément ou *dist. du Zén. au Pôle* . .	75	7	30

Calcul du Triangle pour avoir le Temps vrai.

					Logarithmes Sinus.
Distance vraie du Soleil au Zénith	23d	28′	2		
Distance du Soleil au Pôle	78	57	11		9,991876 (*a*)
Distance du Zénith au Pôle	75	7	30		9,985201
Somme	177	32	43		19,977077
Moitié	88	46	21		
Premier Excès	9	49	10		9,231836
Second Excès	13	38	51		9,372816
Deux fois Log. Ray.					20
Somme des Logarithmes Sinus des Excès					38,604652
Somme des Logarithmes Sinus des côtés					19,977077
Reste					18,627575
Moitié					9,313787
C'est le Logarithme Sinus de					11d 53′ 9″
Le double ou angle horaire					23d 46′ 18″

Cet angle réduit en temps (Table XVII) donne la distance à midi	1h 35′ 5″,2
Complément à 12h ou temps vrai de l'observation du 18 Avril matin	10h 24′ 54″8
Équation du temps à l'instant de l'observation correspondante à midi de Paris, *à soustraire* (b)	0 0 51,7
Temps moyen de l'observation	10h 24′ 3″,1
Temps marqué par l'Horloge Marine (113)	11h 34 17,4
Différence ou quantité dont l'Horloge est *en avance* sur le temps moyen du lieu de l'observation	1h 10′ 14″,3

Différence de la Marche de l'Horloge comparée au moyen mouvement du Soleil.

116. Comparons la quantité dont l'Horloge Marine est en avance sur le temps moyen le 18, à celle dont elle étoit en avance le 13 sur le même temps.

(*a*) Nous ne répétons pas ici la méthode de trouver les parties proportionnelles pour les Logarithmes Sinus : nous l'avons détaillée ci-devant dans les Notes de l'Article 108.

(*b*) On trouve dans la Table I, pag. 2, que le 18 Avril à midi le Soleil avance de 51″,7 sur le temps moyen ; il faut donc *ôter* cette quantité du temps vrai pour avoir le temps moyen.

Le 13, vers les 10^h du matin, l'Horloge étoit en avance fur le Temps moyen (112) de	1^h 11′ 17″,7	
Le 18, vers $10^h \frac{1}{2}$ du matin, elle eft en avance (115) de	1^h 10′ 14,3	
Différence	1′ 3,4	

Donc, dans l'intervalle de 5 jours & une demi-heure, le mouvement de l'Horloge a retardé de $1'3''\frac{4}{10}$ fur le moyen mouvement du Soleil.

Des Corrections pour les variations de l'Horloge par diverfes Températures.

117. Si la compenfation pour le froid & le chaud étoit exactement proportionnelle aux variations de la température dans cette Horloge, la quantité que nous venons de trouver divifée par le nombre des jours écoulées, donneroit exactement la marche de l'Horloge, c'eft-à-dire, la quantité dont fon mouvement differe en 24 heures du moyen mouvement; mais nous fuppoferons que la compenfation n'eft pas parfaite, & qu'il faut appliquer chaque jour au mouvement de l'Horloge une petite correction que nous appellons l'*Equation de la Température* (18). Nous fuppoferons encore qu'avant que l'Horloge fût embarquée, on a fait à terre les Expériences qui déterminent les quantités dont le mouvement de l'Horloge accélere ou retarde en 24 heures fur le moyen mouvement, relativement aux différents degrés de chaleur & de froid.

Nous fuppoferons donc que

Du 13 au 14 Avril le Therm. ayant été à	20^d au-deffus de zéro, l'Horloge a dû retarder de	1″,0
Du 14 au 15	20 . . . . de	1, 0
Du 15 au 16	$19\frac{4}{5}$ . . . . de	0, 95
Du 16 au 17	$19\frac{4}{5}$ . . . . de	0, 95
Du 17 au 18	20 . . . . de	1, 0
Somme des Retards relatifs à la Température du 13 au 18 Avril		4″,90

118. Nous avons vu qu'en comparant le temps de l'Horloge au temps moyen, le 13 & le 18 Avril, il réfulte qu'en 5 jours $\frac{1}{24}$, le mouvement de l'Horloge a retardé fur le moyen mouvement de 1′ 3″, 4; mais il faut ôter de cette quantité 4″, 9 qui dépen-

dent de l'effet de la température, lequel n'eſt pas un effet conſtant, il reſtera donc 0′58″,5 pour le retard propre du mouvement de l'Horloge dans l'intervalle des obſervations.

Déterminer la Marche de l'Horloge.

119. Diviſez donc $58''\frac{5}{10}$ ou 58,5 par 5 jours $\frac{1}{24}$ ou $5^j,04$: le quotient $11\frac{6}{10}$ ou 11,6 eſt la *quantité dont le mouvement* de l'Horloge retarde en 24 heures ſur le *moyen mouvement* du Soleil.

Si au lieu de retarder ſur le moyen mouvement, dans l'intervalle des cinq jours, l'Horloge eût accéléré : en diviſant pareillement par 5 l'accélération totale, on auroit eu l'accélération journaliere.

CHAPITRE IX.

Déterminer la Longitude à la Mer par le ſecours d'une Horloge Marine.

120. ON vérifiera le mouvement journalier ou la marche de l'Horloge Marine auſſi ſouvent que les circonſtances & le local des Ports où l'on relâchera, pourront le permettre ; & l'on ſuppoſera pendant chaque traverſée que l'Horloge ſuit le même mouvement qu'on a conſtaté pour les obſervations faites dans le dernier Port où l'on a pu le vérifier. C'eſt d'après ce mouvement qu'on calculera toutes les fois qu'on voudra déterminer la longitude à la mer par le ſecours de l'Horloge. Nous ſuppoſons donc ici que dans le dernier Port d'où l'on eſt parti on avoit fait les obſervations qui viennent de nous ſervir d'exemple pour déterminer la marche de l'Horloge.

Ce Port eſt ſitué à $25^d\ 50'$, ou à $1^h\ 43'$ à l'occident de Paris ; & comme nous connoiſſons la quantité dont le temps marqué par l'Horloge Marine différoit du temps moyen de ce

Port le 18 Avril, lorsque l'Horloge marquoit $11^h\ 34'$ du matin, il nous est facile d'en conclure pour la premiere époque la quantité dont le temps de l'Horloge différoit du temps moyen de Paris.

Le Port du départ est en retard sur Paris de	1^h	$43'$	$0''$
Le 18 Avril (à $11^h\ 34'$ de l'Horl.) l'Horloge étoit en *avance* sur le temps moy. du Port de	1^h	$10'$	$14'',3$
Donc à cette époque l'Horl. étoit en retard sur le temps moyen de Paris de	0	$32'$	$45''\ 7$
De $11^h\ 34'$ jusqu'à midi (à raison pour 24^h de $11'',6$ de retard journalier, & de $1'',14$ de retard pour la Température) l'Horloge a dû retarder en 26 minutes (*a*) de	0	0	0, 2
Donc le 18 Avril, lorsque l'Horloge marquoit *midi*, elle étoit en retard sur le temps moy. de Paris de		$32'$	$45'',9$
ou très-approchant		$32'$	$46''$

REMARQUE.

Il se présente ici plusieurs cas auxquels on doit faire attention.

121. I. CAS. Le Port du départ est en retard sur Paris de deux heures, par exemple, & l'Horloge est en avance sur le Port d'une heure : la *différence* des deux quantités est le *retard de l'Horloge sur Paris.*

II. CAS. Le Port du départ est en retard sur Paris d'une heure, & l'Horloge en avance sur le Port de deux heures : la *différence* des deux quantités est *l'avance de l'Horloge sur Paris.*

III. CAS. Le Port du départ est en avance sur Paris de deux heures, & l'Horloge en retard sur le Port d'une heure : la *différence* des deux quantités est l'*avance de l'Horloge sur Paris.*

IV. CAS. Le Port du départ est en avance sur Paris d'une

(*a*) $24 : 12'',74\ (11'',6 + 1'',14) :: 26'$ (ou $0^h,04$) : $0'',2$, il faut donc ajouter $0'',\frac{2}{10}$ à la quantité dont l'Horloge étoit en retard sur Paris lorsqu'elle marquoit $11^h\ 34'$; on aura la quantité dont elle devoit être en retard lorsqu'elle marquoit midi.

heure, & l'Horloge en retard de deux heures ſur le Port: la *différence* des deux quantités eſt le *retard de l'Horloge ſur Paris.*

V. CAS. Le Port de départ eſt en retard ſur Paris de deux heures, & l'Horloge en retard ſur le Port d'une heure, ou bien le Port en retard ſur Paris d'une heure, & l'Horloge en retard ſur le Port de deux heures: alors la *ſomme* des deux quantités eſt le *retard de l'Horloge ſur Paris.*

VI. CAS. Le Port du départ eſt en avance ſur Paris de deux heures, & l'Horloge en avance ſur le Port d'une heure, ou bien le Port en avance ſur Paris d'une heure, & l'Horloge en avance ſur le Port de deux heures: alors la *ſomme* des deux quantités eſt *l'avance de l'Horloge ſur Paris.*

122. Nous ſuppoſons qu'on tient un Journal de l'Horloge pareil à celui que nous allons donner; avec le ſecours de ce Journal on pourra trouver à chaque inſtant du jour l'heure qu'il eſt à Paris.

MODELE

MODELE du Journal de l'Horloge Marine.				
I. Jours du Mois.	II. Etat du Themometre.	III. Equation pour la Température en 24^h [a].	IV. Equation de la Température en 24 heures, augmentée de 16",6, retard journalier de l'Horloge.	V. Quantité qu'il faut ajouter à midi de l'Horloge, pour avoir le temps ou l'heure de Paris.
Avril.	Degrés.	Sec. dix.	Sec. dix.	Min. Sec. dix.
18 (b)	. . . .	. . . .	. . . . .	32 46, 0
19	$20\frac{1}{2}$	Ret. 1, 14	Ret. 12, 74	32 58, 74
20	$20\frac{4}{5}$	1, 22	12, 82	33 11, 56
21	$21\frac{1}{10}$	R. 1, 31	12, 91	33 24, 47
22	$20\frac{2}{3}$	1, 19	12, 79	33 37, 26
23	$20\frac{9}{10}$	1, 25	12, 85	33 50, 11
24	$21\frac{1}{6}$	1, 33	12, 93	34 3, 04
25	$21\frac{3}{5}$	1, 46	13, 06	34 16, 10
26	$21\frac{4}{5}$	R. 1, 52	R. 13, 12	34 29, 22
27	$22\frac{1}{10}$	1, 61	13, 21	34 42, 43
28	22	1, 58	13, 18	34 55, 61
29	$22\frac{2}{5}$	1, 77	13, 37	35 8, 98
30	23	1, 90	13, 50	35 22, 48
Mai. 1	$23\frac{1}{10}$	R. 1, 93	R. 13, 53	35 36, 1
2	$23\frac{1}{2}$	2, 7	13, 67	35 49, 68
3	$23\frac{3}{5}$	2, 10	13, 70	36 3, 38
4	$23\frac{1}{2}$	2, 7	13, 67	36 17, 05
5	$23\frac{2}{3}$	2, 13	13, 73	36 30, 78

123. La ſolution du Problême des longitudes ne conſiſte, comme nous l'avons dit, qu'à déterminer à un même inſtant

(*a*) Nous ſuppoſons que les quantités portées dans cette colonne, ſont celles qui ont été déterminées par les expériences qu'on a faites avant le départ pour connoître les quantités, dont le mouvement de l'Horloge accéléroit ou rétardoit en 24 heures, relativement aux différents degrés de chaleur ou de froid. Cette Table de l'*Equation pour la Température* doit être faite par l'Horloger (19), & doit toujours accompagner l'Horloge. On ſuppoſe ici que l'Horloge retarde par les degrés qui ſont au-deſſus du terme de la congellation; & conſéquemment la ſomme des équations pour la température doit être ajoutée au temps de l'Horloge : on *ſouſtrairoit* la ſomme des équations ſi l'effet de la chaleur étoit de faire accélérer l'Horloge.

(*b*) La formation de cette Table eſt toute ſimple : le 18 Avril à midi de l'Horloge Marine, l'Horloge étoit en retard ſur Paris, comme on l'a vu, de 32′46″ (120): du 18 au 19 le Thermometre ayant été à $20^d\frac{1}{2}$ (col. II.) l'Horloge a dû retarder, par l'effet de la température, de 1″,14 (col. III.), ajoutez-y les 11″ 6 du retard journalier, vous aurez 12″, 74 pour retard total dans les 24 heures (col. IV); ajoutez donc cette quan-

l'heure de Paris & l'heure du Vaisseau : la différence des heures donne la différence des Méridiens (5) ou la longitude rapportée à Paris. On trouvera par le Journal de l'Horloge Marine, l'heure qu'il doit être à Paris à l'instant où l'on a fait une observation pour avoir l'heure du Vaisseau : il ne restera donc plus qu'à déduire celle-ci de l'observation.

I. EXEMPLE.

124. Le 25 Avril, avant midi, on a pris avec l'octant des hauteurs absolues du bord inférieur du Soleil. L'élévation de l'œil, au-dessus du niveau de la mer, étoit de 22 pieds : la latitude est septentrionnale.

Nous supposons que la hauteur moyenne, entre toutes celles qu'on a prises, est de $27^d\ 47'\ 15''$, & qu'à cette hauteur l'Horloge Marine marquoit $10^h\ 2'\ 15''$, 25.

Trouver l'Heure de Paris.

L'Horloge marque (le 25 Avril matin) . .	10^h	$2'$	$15''$,	25
Selon le Journal, lorsqu'elle marquera midi, elle sera en retard sur Paris de (*à ajouter*)		$34'$	16,	10
Heure de Paris le 25, quand l'Horloge marquera midi	10	36	31,	35
Mais il n'est que 10^h à l'Horloge, & du 24 au 25 (col. IV.) elle doit retarder en 24 heures de $13''$, 06, ce qui donne proportionnellement pour 2 heures (*a*) (*à ôter*)	0	0	1,	13
Donc heure du temps moyen *de Paris*, à l'instant de l'observation	10^h	36	$30''$,	22

tité à celle dont l'Horloge étoit en retard sur Paris le 18, vous aurez $32'\ 58''$, 74 pour la quantité dont elle doit être en retard sur Paris, losqu'elle marque midi le 19. Ajoutez de même à cette derniere quantité, celle dont l'Horloge doit retarder dans l'intervalle du 19 au 20, laquelle est $12''$, 82 (col. IV.), vous aurez $33'\ 11''\ 56$ pour la quantité dont l'Horloge doit être en retard sur *Paris* le 20 Avril, lorsqu'elle marque midi, & ainsi des autres. On conçoit que si, au lieu de retarder, l'Horloge accéléroit, les quantités que nous ajoutons ici devroient être retranchées.

(*a*) $24^h : 13'',6 :: 2^h : 1'',13$ qu'il faut *ôter*, puisqu'il n'est pas encore midi à l'Horloge, & qu'elle est moins en retard sur Paris à 10^h, qu'elle ne le sera à midi.

Trouver l'Heure du Vaisseau.

1°. Hauteur moyenne du bord inf. du Soleil. .	27d	47′	15″
Complément ou dist. app. du Soleil au Zénith . . .	62	12	45
Ajoutez Inclinaison de l'horizon pour 22 pieds . . .	0	4	50
Ajoutez Réfraction moins la Parallaxe.	0	1	58
	62	19	33
Otez demi-diametre du Soleil		15	54
Distance vraie du centre du Soleil au Zénith . . .	62	3	39

2°. La déclinaison du Soleil à midi de *Paris* le 25 Avril, est de 13d 23′ 42″ boréale : du 24 au 25 elle a augmenté de 19′ 31″. L'heure de Paris à l'instant de l'observation est 10h 36′; ainsi il s'en manque 1h 24′ qu'il ne soit midi. Dites donc 24h : 19′ 31″ (ou 19′, 5) : : 1h 24′, (ou 1h, 4) : 1′, 14 ou 1′ 8″. Otez donc 1′ 8″ de la déclinaison de midi; vous aurez 13d 22′ 34″ pour la déclinaison à l'instant de l'observation. Puisque la déclinaison & la latitude sont de même côté, prenez le complement de la déclinaison, vous aurez *distance du Soleil au Pôle* . . . . 76d 37′ 26″

3°. Nous supposons que les hauteurs ont été prises vers 7h $\frac{3}{4}$ du matin au Vaisseau : que depuis cette époque jusqu'à midi, temps auquel on a observé la latitude, on a avancé selon l'estime de 5 minutes $\frac{1}{2}$ vers le Sud; & qu'à midi la latitude observée étoit de 14d 46′ 44″ : la latitude étoit donc plus Nord à 7h $\frac{3}{4}$ du matin qu'à midi : ainsi ajoutez les 5′ 30″ de progrès vers le Sud, à la latitude de midi ; vous aurez 14d 52′ 14″ pour la latitude de 7h $\frac{3}{4}$ du matin. Donc

Complément de la lat. ou *dist. du Zén. au Pôle* . . . 75d 7′ 46

Calcul du Triangle.

	Distance vraie du Soleil au Zénith	62d 3′ 39″.	Logarithmes Sinus.
	Distance du Soleil au Pôle	76 37 26 . . .	9,988056
	Distance du Zénith au Pôle	75 7 46 . . .	9,985206
	Somme des trois côtés	213 48 51 . .	19,973262
106 54 26	Moitié	106 54 26	
75 7 46		76 37 26 . .	20
31 46 40	Premier Excès	30 17 00 . .	9,702669
	Second Excès	31 46 40 . .	9,721502
	Somme des Log. Excès		39,424171
	Somme des Log. des côtés . . .		19,973262
	Reste . . .		19,450909
	Moitié . . .		9,725454
	Demi-angle horaire . . .		32d 6′ 10″
	Double ou angle horaire . . .		64,12 20

	Cet angle réduit en temps (Table XVII.) donne la distance à midi.	4h	16′	49″,33
	Complément à 12 heures ou temps vrai . . .	7	43	10, 67
	Equation du temps (*a*) (*à soustraire*)	0	2	16, 47
Conclusion.	*Temps moyen du Vaisseau* . . .	7h	40′	54″,20
	Temps moyen de Paris	10	36	30, 22
	Différence des Méridiens	2h	55′	36″,02
	Réduisez ce temps en deg. Tab. XVI, p. 24.	2h=30d	0′	0″
		55′=13	45	0
		36″= 0	9	0
	Longitude occidentale, puisque le temps de Paris devance celui du Vaisseau (4)	43d	54′	0

II. EXEMPLE.

125. Le 3 Mai, après midi, on a pris à la mer des hauteurs absolues du bord inférieur du Soleil, à 22 pieds d'élévation au-dessus de la mer.

(*a*) L'équation du temps pour midi de Paris est Sol. ret. 2′ 17″, 1 : elle va en décroissant du 24 au 25, de 10″,9 en 24 heures ; dites donc 24h : 10″,9 :: 1h,4 : 0″63, qu'il faut ôter de l'équation de midi ; vous aurez 2′ 16″,47 pour celle qui répond à l'instant de l'observation.

La moyenne hauteur obſervée étoit $27^d\ 43'\ 42$, l'Horloge marquoit $7^h\ 47'\ 04'', 78$.

La latitude obſervée à midi avoit été de $14^d\ 39'\ 19''$: depuis midi on avoit avancé de $4'\frac{1}{2}$ vers le Nord ; ainſi la latitude, à l'inſtant de l'obſervation, étoit de $14^d\ 43'\ 49''$.

Trouver l'Heure de Paris.

L'Horloge marquoit	$7^h\ 47'\ 4'', 78$
Loſqu'elle marquoit midi, elle étoit en retard ſur *Paris* (*a*) de	0 36 3, 38
De midi juſqu'à $7^h\ 47'$ (à raiſon de $13'', 67$ en 24) elle a dû retarder (*b*)	0 0 4, 43
Donc le temps moyen de Paris à l'inſtant de l'obſervation	$8^h\ 23'\ 12'', 69$

Trouver l'Heure du Vaiſſeau.

1°. Hauteur app. du bord inférieur du Soleil.	$27^d\ 43'\ 42''$
Complément ou diſtance apparente au Zénith . .	62 16 18
Ajoutez Inclinaiſon de l'horizon à 22 pieds . . .	0 4 50
Ajoutez Réfraction diminuée de la Parallaxe	1 58
	62 23 6
Otez demi-Diametre du Soleil	0 15 53
Diſtance vraie du centre du Soleil au Zénith . . .	62 7 13
2°. Déclin. bor. du Sol. le 3 à midi de Paris.	15^d 51 28
La déclin. augmente de $17'21''$ en 24 heures, donc, pour $8^h\ 23'$, l'augmentation eſt de (*c*)	0 6 0
Déclinaiſon à $8^h\ 23'$ (de Paris)	15 57 28
Complément ou *diſtance du Soleil au Pôle*, la déclinaiſon & la latitude de même côté	74^d 2 32

(*a*) Voyez le Journal de l'Horloge au 3 Mai, col. *V*, pag. 57.

(*b*) Voyez le Journal de l'Horloge, col. IV, pag. 57, laquelle comprend le retard journalier & l'équation de la température pour 24 heures, & dites $24^h : 13'', 67 :: 7^h\ 47'$ (ou $7^h, 78$) : $4'', 43$, qu'il faut ajouter à la quantité dont l'Horloge étoit en retard lorſqu'elle marquoit midi.

(*c*) $24^h : 17'35 :: 8^h, 38 : 6'$ qu'il faut ajouter à la déclinaiſon de midi, puiſqu'elle va en croiſſant, & que l'heure eſt après midi (95).

3°. La latitude, à l'inſtant de l'obſervation, eſt de 14d 43. 49

Complément ou *diſtance du Zénith au Pôle* . . 75 16 11

Calcul du Triangle.

	Diſtance vraie du centre du Soleil au Zénith . . .	62d 7 13	Logarithmes Sinus.
	Diſtance du Soleil au Pôle	74 2 32	9,982933
	Diſtance du Zénith au Pôle.	75 16 11	9,985486
	Somme	211 25 56	19,968419
	Moitié	105 42 58	
		74 2 32	20
105 42 58	Premier Excès . . .	31d 40′ 26″	9,720229
75 16 11	Second Excès . . .	30 26 47	9,704778
30 26 47	Somme des Log. Sin. des Excès		39,425007
	Somme des Log. Sin. des côtés		19,968419
	Reſte		19,456588
	Moitié ou Log. Sin. du demi-angle horaire . . .		9,728294
	Demi-angle horaire		32d 20′ 20″
	Le double ou angle horaire		64d 40′ 40″

Cet angle réduit en temps (Table XVII.) donne le temps vrai de l'obſervation . . . . . . 4h 18′ 42″, 66

Equation du temps (*a*) *à ſouſtraire* . . . . 0 3′ 27, 20

Conclusion. { *Temps moyen du Vaiſſeau* . . . . . 4h 15′ 15″, 46
Temps moyen de Paris . . . . 8h 23′ 12, 69
Différence des Méridiens en temps. 4h 7 57, 23

Réduiſez ce temps en deg. (Tab. XVI.) 4h = 60d 0′ 0
7′ = 1 45 0
57″ = 0 14 15
0″,23 ou 14‴ = 0 0 3 ½

Donc *longitude occidentale*, puiſque le temps de Paris devance celui du Vaiſſeau. 61d 59′ 18″ ½

(*a*) On trouve dans la Table I de l'équation du temps au 3 Mai que le Soleil avance de 3′ 25″, 1, & l'équation augmente du 3 au 4 de 6″, 1 : dites donc 24h : 6″, 1 : : 8h, 38 : 2″, 1, qu'il faut ajouter à l'équation de midi pour avoir celle de 8h ½ du ſoir.

CHAPITRE X.

Usage des Horloges & des Montres Marines, pour la rectification des Cartes.

126. Les Horloges Marines peuvent être employées utilement à trouver, de la maniere que nous l'avons expliqué ci-devant, la longitude en Mer & servir à la conduite du Vaisseau : mais elles ont un avantage considérable sur toutes les autres méthodes proposées ; c'est de pouvoir, par le moyen de ces machines, rectifier les Cartes Marines. C'est particuliérement à cet usage, que M. de Fleurieu a su les employer dans le voyage fait par ordre du Roi, en 1768 & 1769. Nous allons indiquer ici quelques observations, que M. de Fleurieu a donné à la fin de l'Appendice.

127. La méthode de déterminer la longitude d'un Port avec le secours d'une Horloge Marine, est la même que celle que nous avons employée pour déterminer la longitude à la Mer (124). Pour donc avoir la longitude d'un Port, il faut trouver par observation l'heure qu'il est à ce Port, au même instant qu'on connoîtra par le secours de l'Horloge Marine l'heure qu'il est dans le Port du départ : on connoîtra donc la différence des Méridiens entre ces deux Ports, & comme on suppose que la longitude du Port de départ est bien connue par rapport à *Paris*, on *ajoutera* à celle-ci, ou on *soustraira* la différence de Méridien des deux Ports, selon que celui de l'arrivée sera à l'*Occident* ou à l'*Orient* de celui du départ : la *somme* ou la *différence* de ces deux quantités sera la longitude du Port de l'arrivée (*a*).

128. La longitude du Port de l'arrivée sera déterminée exactement, si le mouvement journalier de l'Horloge Marine n'a pas

(*a*) Nous renvoyons pour les exemples, à l'Ouvrage même de M. de Fleurieu, lequel a pour titre : *Voyage fait par ordre du Roi en 1768 & 1769, &c.* De l'Impr. R. 1774.

varié depuis le temps où l'on eſt parti du Port, auquel on rapporte l'état actuel de l'Horloge, juſqu'au jour où on fait l'obſervation dans le Port de l'arrivée.

129. Mais ſi les nouvelles obſervations manifeſtent un changement dans le mouvement journalier de l'Horloge, il faudra, pour déterminer la longitude du Port de l'arrivée, avoir égard à cette variation, & employer pour les jours de la traverſée un mouvement journalier moyen, entre celui du Port de départ & celui du Port de l'arrivée.

Nota. On conçoit aiſément que ſi la longitude du Port de départ, qui ſert de terme de comparaiſon, n'étoit pas exactement déterminée, l'erreur qu'il pourroit y avoir dans cette détermination affecteroit pareillement la longitude que l'Horloge auroit aſſignée pour le Port de l'arrivée; mais la différence de Méridiens entre le Port du départ & celui de l'arrivée ne participeroit point de cette erreur, & ne porteroit jamais que celle qui réſulteroit des petites inégalités du mouvement de l'Horloge : on pourroit toujours prétendre à fixer avec une préciſion ſuffiſante la longitude du Port de l'arrivée, lorſque des obſervations plus exactes auroient décidé celle du Port de départ: ou à rectifier celle du Port de départ, ſi celle du Port d'arrivée étoit jamais bien conſtatée.

130. Si la brièveté du ſéjour qu'on fera dans un Port ne permettoit pas d'y faire un nombre ſuffiſant d'obſervations pour connoître la marche de l'Horloge : on pourra cependant prétendre à déterminer quelque jour la longitude de ce Port avec la préciſion qu'exige la ſûreté de la Navigation; pourvu qu'on y conſtate la différence du temps de l'Horloge au temps moyen, & que par la ſuite on puiſſe vérifier dans quelqu'autre Port le mouvement journalier de l'Horloge.

En effet, on cherchera par analogie quel devoit être le mouvement de l'Horloge au jour donné, & on prendra un milieu entre le mouvement de ce jour & celui qu'on aura conſtaté dans le dernier Port, dont on connoît la longitude avec ce mouvement moyen; on calculera quelle a dû être la ſomme des *accélérations* ou des *retards journaliers* de l'Horloge depuis

la derniere vérification, & on cherchera l'heure du Méridien du départ, pour le même inſtant auquel l'obſervation donne l'heure du Méridien du Port où l'on ſe trouve; on en conclura la longitude de ce Port. Cette méthode, comme on le voit, ne peut pas ſervir à rectifier la route dans la pratique de la Navigation; mais elle eſt très-utile pour perfectionner les Cartes Marines; & on ne peut être trop occupé d'un objet auſſi eſſentiel.

131. On ne doit négliger aucune occaſion de faire des obſervations rélatives à la longitude, lorſqu'on eſt en vue d'une terre : ſi la longitude du Port ou du Cap qu'on releve eſt connue, elle ſervira à rectifier celle que donne l'Horloge Marine; ſi elle ne l'eſt pas, on parviendra à la déterminer par le ſecours de l'Horloge. On la déterminera d'abord par approximation & pour l'uſage du moment, en employant dans le calcul pour le temps écoulé depuis la derniere vérification le mouvement journalier de l'Horloge, tel qu'on l'aura conſtaté dans le Port du départ; mais pour parvenir dans la ſuite à un réſultat plus exact & rectifier la poſition des Cartes Marines, on ſuppoſera, ainſi que nous l'avons fait, que depuis la derniere vérification juſqu'au jour donné, le mouvement de l'Horloge a éprouvé un changement proportionnel à celui qui a eu lieu dans l'intervalle des deux vérifications, entre lequel le jour d'obſervation ſe trouve compris; & on aura ſoin de rapporter toujours l'obſervation, à la vérification la plus prochaine; le nombre des jours écoulés étant moindre, on aura moins d'erreur à craindre de la part des petites inégalités du mouvement de l'Horloge, & on parviendra à une détermination plus exacte.

132. La vérification du mouvement journalier d'une Horloge Marine, peut ſe faire ſans relâcher dans un Port, & on peut par-là déterminer la longitude du Port, lorſqu'on tient une croiſiere à vue d'une Côte. On relevera un Cap ou un objet remarquable à terre, & on eſtimera à vue la diſtance du Navire à l'objet, à l'inſtant où on fera une obſervation pour connoître l'heure du Vaiſſeau, & en conclure la diffé-

rence du temps de l'Horloge au temps du Méridien, sous lequel on a observé. Après quelques jours d'intervalle, on viendra se remettre dans la même position, par rapport à l'objet qu'on avoit relevé la premiere fois, & on y fera une nouvelle observation : si la différence du temps de l'Horloge au temps moyen n'est pas la même aux deux époques, on en conclura que l'Horloge ne suit pas exactement le moyen mouvement du Soleil, & on cherchera la quantité de son accélération ou de son retard journalier (116), par rapport au moyen mouvement.

ADDITION AU CHAPITRE II.

Du transport des Horloges Marines par Terre.

133. Si au retour d'une campagne on est obligé de faire transporter une Horloge Marine à terre par des voitures; avant de placer le tambour dans la caisse, il faudra laisser marcher l'Horloge sans la remonter, afin qu'elle s'arrête toute seule; alors on ôtera les deux vis de cuivre placées au bas du tambour vers *F*, *F*, & on mettra en place les deux vis d'acier qui servent à arrêter le poids de l'Horloge (14); ensuite on desserrera la vis *G* de la détente, & on poussera cette vis vers la lettre *H* gravée sur le Cadran : on serrera cette vis, par ce moyen la détente garantira le régulateur de tout accident. On replacera le tambour dans sa boîte marquée *D*, & on l'affermira de sorte qu'il ne puisse prendre aucun jeu dans sa boîte; on fera faire une caisse d'emballage, qui ait 3 ou 4 pouces de plus, en largeur, & 3 ou 4 pouces de plus en longueur, que la boîte *D* de l'Horloge : cette caisse servira à contenir la boîte *D*, après qu'on l'aura bien garnie en rognures de papiers, & de façon qu'elle n'ait aucun jeu. On aura soin de marquer le haut de la caisse, afin que l'Hor-

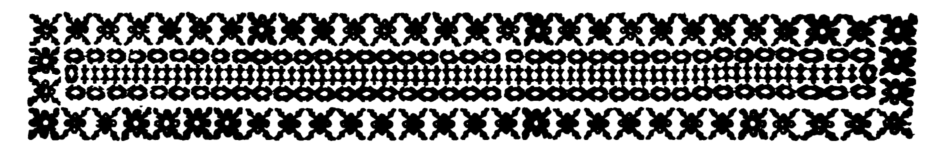
loge conſerve toujours ſa même poſition, & que le poids ſoit toujours en enbas, & le balancier ſoutenu par ſa détente; car il eſt eſſentiel d'éviter que l'Horloge ne ſoit couchée ſur le côté ou miſe ſans deſſus deſſous. Indépendamment de ce premier emballage, il ſera néceſſaire d'emballer encore la caiſſe extérieure en toile & pailles, & marquer le *haut* de la machine, afin qu'on la transporte debout, (la face du Cadran en haut) comme ſi elle étoit ſur ſa ſuſpenſion.

134. Mais lorſqu'on voudra ſimplement tranſporter l'Horloge Marine depuis le Vaiſſeau dans le Port & ne point la faire aller dans une voiture, il faudra alors laiſſer aller l'Horloge *au bas*, mettre les deux vis d'acier pour arrêter le poids, arrêter le balancier au moyen de la détente, placer le tambour de la caiſſe *D*, & faire porter à bras par des hommes, cette caiſſe debout depuis le Vaiſſeau juſqu'au Port; l'emballage & la ſeconde caiſſe dont nous venons de parler ne devenant néceſſaire que pour tranſporter l'Horloge par terre ſur des voitures.

De la maniere dont on doit remonter les Horloges chaque jour.

135. Les Horloges que j'ai conſtruites doivent être remontées chaque jour à-peu-près à la même heure; elles ſe remontent en tournant la clef de gauche à droite, c'eſt-à-dire, en tournant du même côté ou vont les aiguilles, qui eſt le même dont on tourne pour remonter les Montres Françoiſes. Lorſque le moteur eſt au haut, on ſent une réſiſtance qu'il ne faut pas forcer.

136. Le trou de remontoir fait à la glace eſt recouvert d'un bouchon de cuivre, qui ſert à empêcher l'entrée des ſaletés dans l'Horloge; il faut toujours remettre ce bouchon & tenir la clef propre, pour qu'elle n'introduiſe pas de ſaleté.



APPENDICE.

ARTICLE PREMIER.

Trouver les Longitudes terrestres (a) *par le moyen des Montres de Longitudes.*

Quoique cet Ouvrage soit particuliérement destiné à l'usage des Navigateurs, & que par cette raison, je n'aie parlé que de l'Octant pour faire les observations relatives à la longitude en Mer; cependant toutes les observations & les calculs qui servent à trouver l'heure, la longitude & la latitude, peuvent être faits à terre sans l'horizon de la Mer, en employant au lieu de l'Octant un *quart de cercle*, ou au défaut du quart de cercle un *Graphometre*. Mais pour déterminer ainsi la longitude des lieux terrestres, il faut avoir une Montre qui soit tellement construite que les agitations d'une voiture & les autres obstacles de ces machines n'alterent pas leur justesse. C'est l'objet que je me suis proposé, en composant mes *Montres de Longitudes*; j'ai fait ces machines à dessein de servir en Mer (*b*) & à Terre, nous allons traiter dans cet Article, de la maniere de déterminer les Longitudes terrestres par le moyen de ces Montres.

1°. *Du transport des Montres à Longitudes à Terre.*

Quoique les Montres à Longitudes soient construites de sorte que les agitations d'une voiture ne puissent pas en déranger sensiblement la justesse; il est cependant à propos de prendre toutes les précautions possibles, pour que ces machines aient très-peu d'agitation, on obtiendra par-là plus de justesse. Il faut aussi faire ensorte que le transport de ces machines se fasse avec la plus grande vîtesse, c'est-à-dire, qu'en 24 heures, par exemple, on leur ait fait faire 24 ou 30 lieues; parce que les écarts des Montres augmentant comme les quarrés des temps, plus le transport d'un lieu à un autre se fera lentement, & plus les erreurs augmenteront.

Lorsque mes Montres de Longitudes sont employées en Mer, elles ont des suspensions pareilles à celles des Horloges Marines, & la même suspension sert éga-

(*a*) J'entends ici par Longitudes *Terrestres*, celles des lieux qui sont éloignés de la Mer.

(*b*) Lorsqu'on emploie ces Montres à la Mer, elles sont suspendues de la même maniere que les Horloges Marines, ainsi les agitations du Vaisseau doivent peu déranger leur mouvement; mais pour faire servir ces Montres en les portant dans une voiture, la suspension devient inutile, & elles sont exposées à des mouvemens violents & irréguliers qui peuvent un peu affecter la justesse de ces machines, ainsi elles doivent mieux aller en Mer qu'à Terre; mais en revanche dans l'usage des Montres à terre, on peut vérifier, aussi souvent que l'on veut, la marche de ces machines, ce que l'on ne peut faire en Mer que rarement.

lement lorſqu'on veut ſe ſervir de ces Montres à terre en repos, pour tenir lieu d'Horloges Aſtronomiques : on les poſe dans ce dernier cas ſur une table ou ſur une cheminée, & leur ſuſpenſion rend leur poſition conſtante; mais lorſqu'on veut faire ſervir ces Montres pour déterminer les longitudes terreſtres, alors la ſuſpenſion devient inutile à cauſe des mouvements violents & irréguliers de la voiture; & dans cet uſage des Montres, le mouvement eſt renfermé dans une boîte particuliere, que je fais à deſſein d'empêcher l'effet des ſecouſſes violentes de la voiture.

Le mouvement des Montres à Longitudes eſt diſpoſé ſur ſa ſuſpenſion, de maniere qu'on peut l'ôter avec le tambour qui le renferme ſans déranger la ſuſpenſion. Pour cet effet, ce premier tambour du mouvement entre juſte dans un ſecond tambour auſſi de cuivre, c'eſt ce dernier qui fait partie de la ſuſpenſion avec laquelle il reſte toujours attaché. Le premier tambour qui contient le mouvement, s'ajuſte dans une boîte bien *matelaſſée*, laquelle ſert à tranſporter la Montre dans une voiture : cette boîte doit être placée dans une ſeconde caiſſe, également matelaſſée, qu'on peut fixer dans la cave d'une chaiſe de poſte, d'un cabriolet ou d'une voiture faite à deſſein. Cette voiture doit être bien ſuſpendue, & on doit y attacher ſolidement par des courroies fortement tendues la caiſſe de la Montre, afin que cette caiſſe faſſe en quelque ſorte un ſeul & même corps avec la voiture (*a*). Cette caiſſe doit être placée de ſorte que la face du cadran de la Montre ſoit ſenſiblement horizontal, lorſque la voiture eſt droite & qu'elle marche; la ſeconde caiſſe doit être diſpoſée de ſorte qu'on puiſſe l'ouvrir pour remonter la Montre, ſans la déranger ni la ſortir de la voiture : il faut même qu'on puiſſe, s'il en eſt beſoin, faire des obſervations à l'aide de la Montre ſans la ſortir de la chaiſe.

L'uſage des Montres à Longitudes pour la terre exige qu'on ſoit munis d'un bon quart de cercle, qui ait au plus un pied de rayon; cet inſtrument doit être conſtruit & exécuté avec aſſez de préciſion pour que par ſon moyen on puiſſe déterminer la latitude à quinze ſecondes de degré, & que par les obſervations qu'on fera pour conclure l'heure, ſoit par des hauteurs correſpondantes ou abſolues du Soleil, l'on obtienne l'heure à une ſeconde de temps près. Or un quart de cercle d'un pied de rayon bien fait, peut remplir parfaitement tout ce qu'on demande, ſur-tout ſi au lieu d'être diviſé immédiatement par la méthode ordinaire, on ſe ſert pour le diviſer d'une grande *plate-forme* exacte.

Le quart de cercle ne doit pas avoir plus d'un pied de diametre (*b*), afin qu'on puiſſe le placer ſans riſque dans la même voiture dont ſe ſert l'Obſervateur, & dans laquelle la Montre eſt auſſi placée. Le quart de cercle doit être bien emballé dans la caiſſe qui accompagne toujours ces ſortes d'inſtruments : cette caiſſe doit être elle-même dans une ſeconde caiſſe qui ſoit bien matelaſſée. En un mot, on doit employer toutes les précautions poſſibles, pour que le tranſport ne puiſſe déranger ni la Montre ni le quart de cercle.

(*a*) Pour adoucir encore les mouvements de la voiture, il ne faut pas faire poſer ſimplement la ſeconde caiſſe qui contient celle de la Montre ſur le plancher de la cave de la voiture; mais il faut encore mettre au-deſſous un bon couſſin fait avec de la peau & remplit de crin.

(*b*) J'ai conſtruis depuis peu de temps un inſtrument qui ſert en même temps de quart & d'*Inſtrument des Paſſages* : cet inſtrument eſt formé par un cercle qui a treize pouces de diametre; je l'ai fait diviſer ſur une plate-forme; & quoique par ſa grandeur il ne réponde qu'à un quart de cercle de ſix pouces & demi de rayon; cependant on peut par ſon moyen déterminer la latitude, trouver l'heure, &c : avec beaucoup de préciſion & auſſi grande que celle demandée pour l'objet en queſtion. On peut s'adreſſer avec confiance pour un tel inſtrument, pour un quart de cercle, &c. à M. *Lennel*, Eleve & Succeſſeur de M. Canivet. Je dois obſerver ici qu'il faut choiſir par préférence un quart de cercle qui ſoit reglé par un fil à-plomb ayant ſon *garde-filet*, & non par un niveau; que la lunette ſoit mobile au centre de l'inſtrument & porte un Nonius.

2°. Des Observations qu'il est nécessaire de faire pour déterminer les Longitudes terrestres par le moyen des Montres à Longitudes.

Nous avons vu ci-devant que la méthode de déterminer les longitudes en Mer, par la mesure du temps, consiste à connoître; 1°, La différence du temps marqué par l'Horloge au temps du lieu qu'on a choisi pour premier Méridien, & par conséquent à connoître à tous moments, au moyen de l'Horloge qui la conserve, l'heure actuelle du premier Méridien (6); 2°, A connoître la marche de l'Horloge, c'est-à-dire, la quantité de son avance ou retard journalier sur le moyen mouvement du Soleil (6); 3°, A connoître la latitude (*a*) du lieu actuel, dont on cherche la position; 4°, A trouver l'heure qu'il est au lieu dont on veut déterminer la longitude : la différence de l'heure de ce lieu à l'heure du premier Méridien, réduite en degré donne la longitude (5). Or la méthode de trouver les longitudes terrestres par le moyen des Montres, est absolument la même, mêmes observations & calculs; ensorte qu'il n'y a de différence que celle des instruments qu'on emploie; nous nous contenterons donc d'indiquer ici en gros la marche des opérations, dont les détails ont été suffisamment expliqués dans le cours de ce petit Ouvrage.

Nous supposons qu'un Observateur soit chargé de fixer la position des principaux (*b*) lieux de l'Empire de Russie, par le moyen des Montres à Longitudes, & qu'il doit partir à cet effet de Péterſbourg, Ville dont la latitude est connue, ainsi que la différence de Méridien avec Paris (*c*). Nous supposons également que l'Observateur est muni d'un bon quart de cercle d'un pied de rayon, instrument qui doit être assez exact pour trouver l'heure & pour déterminer toujours la latitude. Pour cet effet, il est nécessaire que l'Observateur avant tout fasse deux vérifications (*d*) essentielles du quart de cercle. La premiere vérification, que l'Observateur doit faire, consiste à voir si le fil de la lunette qui doit être horizontal, n'est point incliné; pour cet effet, on tirera une ligne verticale sur un mur éloigné au moyen d'un fil à-plomb, & on tirera une perpendiculaire à cette verticale : on dirigera la lunette sur ces lignes, & l'on verra si le fil horizontal n'est point incliné par rapport à la ligne horizontale; s'il l'est, on fera tourner convenablement le tuyau qui porte le *réticule*. Mais pour peu que l'instrument ait été fait avec soin, on doit trouver ce fil horizontal (*e*).

La seconde vérification qui est la plus essentielle, est de savoir, si l'axe de la lunette fait exactement un angle de 90 degrés 0′ 0″, avec le rayon qui passe sur le premier point de la graduation des hauteurs. Cette vérification qui se fait par le *renversement* de l'instrument, consiste à mesurer la hauteur d'un objet à-peu-près horizontal avec le quart de cercle droit & renversé; c'est-à-dire, le centre étant succes-

(*a*) Il est nécessaire en Mer de connoître la latitude du lieu dont on cherche la position, parce que c'est un des Eléments du triangle sphérique, qui sert à trouver l'heure actuelle du Vaisseau.

(*b*) Je dis des principaux lieux; car les détails particuliers d'une Carte devront toujours être faits par la méthode ordinaire des triangles, au moyen d'un Rapporteur ou d'un Graphometre, &c.

(*c*) Nous prenons toujours Paris pour premier Méridien, à cause de nos Tables qui sont calculées pour le Méridien de Paris.

(*d*) Lorsqu'on se sert de la méthode des hauteurs correspondantes pour trouver l'heure, le quart de cercle n'a pas besoin de vérification.

(*e*) Mais quoique le fil de la lunette qui doit être horizontal, le soit effectivement, il est à propos d'observer toujours le bord du Soleil, lorsqu'il est partagé en deux par le fil vertical; alors l'inclinaison du fil horizontal change peu la hauteur.

ſivement en haut & en bas : la moitié de la différence ſera l'erreur du quart de cercle.

Si la lunette du quart de cercle dont on ſe ſervira eſt fixée au quart de cercle, alors le fil à plomb eſt néceſſairement ſuſpendu au centre de l'inſtrument, & le bas du fil doit paſſer ſur le quatre-vingt-dixieme degré juſte, lorſque la lunette eſt horizontale ; mais ſi la lunette eſt mobile au centre de l'inſtrument, alors le fil à-plomb ne paſſe pas au centre de l'inſtrument, mais il doit paſſer par deux points paralleles au rayon vertical de l'inſtrument qui forme la quatre-vingt-dixieme diviſion ; mais quelle que ſoit la conſtruction de l'inſtrument, on fera paſſer le fil à-plomb par les deux points qui déterminent la poſition verticale. On cherchera dans l'horizon un point remarquable qui paſſe par le fil horizontal de la lunette, pendant que le fil à-plomb diviſe également les deux points verticaux du quart de cercle ; mais ſi on ne trouve pas de points qui ſoient exactement à l'horizon, on fera mouvoir l'alidade de la lunette juſqu'à ce qu'on trouve l'horizon ; on notera l'angle que cet objet fait avec le point zéro de l'inſtrument. Enſuite on renverſera le quart de cercle, c'eſt-à-dire, qu'on mettra en bas le centre & le point vertical inférieur, ſur lequel le fil à plomb battoit deviendra le ſupérieur : on ſuſpendra le fil à-plomb auprès de ce dernier point, ou avec de la cire, ou ſi l'inſtrument eſt bien conſtruit, il doit porter une pointe d'acier qui doit s'attacher ſucceſſivement au centre, & au point d'en-bas pour centrer le fil avec l'un ou l'autre point. Si la lunette eſt bien placée, le fil à plomb paſſant toujours par les mêmes points qui reglent la poſition verticale du quart de cercle, le fil horizontal de la lunette doit paſſer par le même point qu'on avoit remarqué à l'horizon dans la premiere ſituation de l'inſtrument ; ou bien il doit faire le même angle qu'on avoit trouvé dans la premiere opération. Si cela n'eſt pas, on corrigera en conſéquence l'inſtrument ; car ſi le quart de cercle eſt bien conſtruit, l'Artiſte doit avoir menagé le moyen (*a*) de le rectifier ; mais au défaut de ce moyen, on tiendra compte de ſon erreur dans les obſervations qu'on fera, ſelon que l'angle meſuré à l'horizon dans la ſituation naturelle de l'inſtrument eſt plus grand ou plus petit qu'il ne doit être ; mais le mieux eſt de rectifier l'inſtrument, & cette vérification doit ſe répéter de temps en temps : c'eſt par cette raiſon qu'il eſt eſſentiel d'avoir un inſtrument bien conſtruit, & qui facilite la vérification & la rectification.

Dans cette vérification par le renverſement, il faut en viſant à l'horizon faire affleurer l'objet avec le bord ſupérieur du fil horizontal de la lunette lorſque l'inſtrument eſt dans ſa poſition naturelle, & au même bord du fil qui devient l'inférieur lorſque l'inſtrument eſt renverſé ; car dans les obſervations qu'on fera, on doit toujours ſe ſervir de ce même bord de fil : par ce moyen l'épaiſſeur du fil horizontal de la lunette ne cauſe aucune différence dans les hauteurs.

Dans l'uſage que l'on peut faire des Montres à Longitudes à terre pour fixer la poſition des lieux, on doit par préférence ſe ſervir des hauteurs correſpondantes du Soleil, ſoit pour trouver l'heure, vérifier la marche de la Montre, &c ; & dans ce cas, le quart de cercle n'a pas beſoin de vérification. Mais les vérifications, dont

(*a*) On doit eſſentiellement exiger de l'Artiſte qui conſtruit un quart de cercle ; 1°, Que le quart de cercle ſoit fixe & la lunette mobile, & portée par une alidade ayant un Nonius ; 2°, Que la vérification du renverſement ſe faſſe aiſément ; 3°, Que dans les deux ſituations de l'inſtrument la lunette reſte à la même hauteur ; 4°, Qu'il y ait des moyens faciles pour rectifier l'inſtrument, lorſque dans les deux ſituations du quart de cercle le fil horizontal de la lunette ne paſſe pas par les mêmes points de l'horizon, ou que l'angle meſuré dans les deux cas n'eſt pas exactement le même ; car on ne peut meſurer les hauteurs abſolues du Soleil, pour en conclure l'heure ou les hauteurs méridiennes du Soleil pour déterminer la latitude, que dans le cas où a on pu rectifier l'inſtrument, ou qu'on connoît bien l'erreur de l'inſtrument. *Voy.* pour un plus grand détail des Vérifications du Quart de Cercle, l'Aſtronomie de M. de la Lande.

nous venons de parler, sont absolument nécessaires pour déterminer la latitude du lieu dont on veut fixer la position; & il est bien des cas, où on aura besoin de trouver l'heure actuelle de ce lieu pour en conclure la longitude, de se servir de la méthode des hauteurs absolues du Soleil (a); & pour ces deux usages du quart de cercle, il est indispensable qu'on ait fait les deux vérifications que nous venons d'indiquer.

Trouver l'Heure par des hauteurs correspondantes prises avec un Quart de Cercle.

Lorsque l'on veut observer des hauteurs correspondantes, on commence par *caler* le quart de cercle en tout sens. Pour cet effet, on monte ou l'on fait descendre les vis du pied de l'instrument, de sorte qu'en faisant tourner le plan de l'instrument sur son axe, le fil à-plomb ne fasse que raser le limbe; on dirige la lunette au Soleil, & de sorte que le Soleil paroisse à droite & en haut de la lunette; car le Soleil qui monte réellement avant midi paroît descendre dans la lunette (mais pour regarder ainsi le Soleil avec la lunette, on se servira d'un *verre noir*). En attendant que le bord supérieur du Soleil, & qui paroît l'inférieur dans la lunette, soit descendu jusqu'au bord supérieur du fil horizontal, l'on va au fil à-plomb que l'on regarde au moyen d'un Microscope; s'il ne répond pas exactement sur le point qui détermine la position verticale de l'instrument, dans le quart de cercle dont la lunette est mobile: ou sur un des points marqué de dix en dix minutes, dans le quart de cercle dont la lunette est fixe; on donne un petit mouvement aux vis du pied ou à la vis de rappel qui fait tourner l'instrument, & l'on fait venir le fil exactement sur le milieu du point. Alors on retourne à la lunette, & l'on attend que le premier bord du Soleil ne fasse que raser le bord supérieur du fil horizontal par un point bien distinct; pendant ce temps, on compte les secondes marquées par la Montre à Longitude (une seconde personne doit compter les secondes à haute voix (66), & l'on a l'heure, la minute & la seconde où le bord du Soleil s'est trouvé à la hauteur qui est marqué sur le limbe par le fil à-plomb ou par l'alidade si la lunette est mobile.

Après-midi l'on dirige la lunette au Soleil, dans le temps qu'il approche de la hauteur où il a été observé le matin; on met le Soleil à la droite du centre de la lunette & au-dessous du fil horizontal, & comme le Soleil paroît monter après-midi dans la lunette, on a le temps avant que le dernier bord du Soleil (qui est réellement le bord supérieur) parvienne au bord supérieur du fil horizontal de la lunette, de faire passer le fil à-plomb par le même point du limbe où l'on a observé le matin; quand le fil à-plomb est bien placé on retourne à la lunette, on compte l'heure, la minute & la seconde, où le bord (supérieur réel) du Soleil qu'on a observé le matin quitte le même bord du fil horizontal. Nous renvoyons pour tous les autres détails de cette méthode, au Chapitre IV, où nous avons traité des hauteurs correspondantes du Soleil, des corrections à faire au midi trouvé, &c: ce que nous venons

(a) Lorsque, par exemple, on a pris des hauteurs le matin, & qu'on n'a point de correspondantes le soir; il faut alors employer les hauteurs du matin, comme hauteurs absolues; & faire le calcul de l'heure selon la méthode des Chapitres V & VIII. Mais il faut pour cela que l'instrument ait été vérifié, & qu'on ait fait l'observation du contact du bord supérieur (réel) du Soleil, avec le bord supérieur du fil horizontal de la lunette; puisque c'est de ce bord du fil dont on s'est servi en faisant la vérification.

(b) Nous avons dit qu'on devoit se servir du bord supérieur du fil horizontal, pour prendre des hauteurs méridiennes du Soleil ou des hauteurs absolues; mais pour les hauteurs correspondantes, il est indifférent de quel bord du fil horizontal on fasse usage, pourvu qu'on se serve du même bord du fil le matin & l'après-midi.

de

de dire, suffit pour donner une idée de l'usage du quart de cercle pour prendre les hauteurs correspondantes, ou les hauteurs absolues du Soleil.

Après avoir pris de la maniere que nous venons de l'expliquer des hauteurs correspondantes du Soleil, on aura le midi du lieu de l'Observateur; & comme nous supposons que l'on connoît la différence de Méridien entre ce lieu & Paris, on aura la différence du temps de la Montre à Longitude au temps de Paris; & par conséquent, on saura l'heure de Paris (125). Maintenant pour connoître la marche de la Montre à Longitude : à trois ou quatre jours de celui où on a fait les premieres observations des hauteurs correspondantes, on prendra de nouveau des hauteurs correspondantes, & on saura la marche de la Montre; c'est-à-dire, son avance ou retard journalier sur le moyen mouvement (58 : 116, &c).

REMARQUE ESSENTIELLE.

LES observations que nous venons d'indiquer, auront servis à constater la marche de la Montre de Longitude, lorsque cette Montre est en repos; mais nous devons observer que malgré toute la perfection qu'on aura donné à ces machines, il peut très-bien se faire que leur marche ne soit pas exactement la même, lorsqu'elles seront dans une voiture exposées à diverses agitations violentes & par des positions qui ne seront pas toujours horizontales. Pour donc tirer de ces machines toute la précision possible, au lieu d'employer cette marche de la Montre, lorsqu'elle est en repos, il faut connoître quelle est sa marche lorsqu'elle est dans une voiture. Pour cet effet, après avoir fait les observations que nous venons d'indiquer, on placera la Montre dans la voiture disposée de la maniere que nous l'avons expliqué: on fera, en cet état, faire une vingtaine de lieues, plus ou moins, à la Montre, & on la rapportera au même lieu où se sont faites les observations, & en prenant à son retour des hauteurs correspondantes, on saura quelle a été la marche de la Montre pendant ce transport; mais pour connoître cette marche avec encore plus de précision, il faudroit se servir pour cette comparaison, d'une excellente Horloge Astronomique, & l'on sauroit avec plus de précision la différence de la marche de la Montre dans la voiture ou en repos; mais au defaut d'Horloge Astronomique, on se servira des hauteurs correspondantes ou absolues du Soleil, faites avec soin. Ce sera cette marche de la Montre reconnue, lorsqu'elle est dans une voiture qu'on employera pour fixer la longitude des lieux.

Trouver la Latitude & la Longitude.

AYANT constaté de la maniere que nous venons de l'expliquer la marche de la Montre à Longitude: on dressera un Journal, disposé de la même maniere que le modele de la page 57. Au moyen de ce Journal, on aura à chaque fois qu'on le voudra l'heure de Paris (124).

Je suppose donc qu'étant parti de Péterbourg, après avoir établi la marche de la Montre à Longitude & fait le Journal de cette marche & des corrections qu'elle exige, après avoir fait trois jours de chemin, l'Observateur veuille trouver la longitude actuelle du lieu où il est, il commencera le matin par vérifier le quart de cercle par le renversement. Ensuite si le temps le permet, il prendra des hauteurs du Soleil vers les neuf heures avant midi : & vers le midi il prendra la hauteur méridienne du Soleil pour trouver sa latitude. Pour cet effet, il commencera par bien caler le quart de cercle, il dirigera la lunette au Soleil, & il fera coïncider le bord

ſupérieur réel du Soleil qui eſt l'inférieur dans la lunette, avec le bord ſupérieur du fil horizontal ; il fera mouvoir l'alidade (ou le quart de cercle, ſi la lunette eſt fixe) par la vis de rappel, & il ſuivra le mouvement de l'aſtre juſqu'à ce qu'il ceſſe de monter (*a*); il aura ſoin pendant cette opération à maintenir le fil à-plomb ſur le point inférieur qui regle la poſition verticale de l'inſtrument. Les degrés & les minutes, & parties de minutes marquées par l'alidade à compter de zéro donneront la hauteur apparente du bord ſupérieur du Soleil. Ainſi, 1°, en prenant le complément de la hauteur obſervée, on aura la diſtance apparente du bord ſupérieur du Soleil au zénith; 2°, A cette diſtance, on ajoutera l'excès de la réfraction ſur la parallaxe, plus le demi-diametre du Soleil, & on aura la diſtance vraie du centre du Soleil au zénith : on trouvera la déclinaiſon du Soleil pour le jour donné & le Méridien de l'Obſervateur (89 *&* 98). On en conclura la latitude d'après les Regles & les Exemples du Chapitre VII, auquel nous renvoyons.

L'après-midi vers les trois heures, on prendra les hauteurs correſpondantes à celles du matin (57), on fera une ſomme des temps marqués le matin & le ſoir, & on aura l'heure que marquoit la Montre à l'inſtant du midi au Soleil : on appliquera l'équation de la correction pour le changement en déclinaiſon (63), & l'on aura le midi vrai. Enfin, on ajoutera au midi l'avance ou le retard du Soleil ſur le temps moyen (*page* 60), & l'on aura le temps moyen du lieu actuel de l'obſervation; & comparant ce temps au temps moyen de Paris, on aura la différence des Méridiens. *Voyez* page 60, & pour tous les détails de calcul, le Chapitre IX.

Si l'Obſervateur n'avoit pu prendre les hauteurs correſpondantes du ſoir, dans ce cas, il calculeroit les hauteurs du matin, en les employant comme hauteurs abſolues; mais comme les hauteurs ont été priſes au bord ſupérieur du Soleil, au lieu de ſouſtraire le demi-diametre du Soleil, comme on l'a fait N°. 105 (*b*) : on ajouteroit le demi-diametre du Soleil à la diſtance apparente : on ajouteroit de même la réfraction moins la parallaxe, & l'on auroit la vraie diſtance du centre du Soleil au zénith; & l'on feroit le reſte du calcul d'après les Regles des Chapitres V, VIII & IX, auxquels nous renvoyons.

(*a*) Si l'Obſervateur eſt muni d'une Bouſſole, ou qu'il ſache approchant l'heure du lieu où ſe fait l'obſervation, il dirigera plus ſûrement la lunette de l'inſtrument dans la ligne de midi pour avoir la hauteur méridienne.

(*b*) Lorſqu'on obſerve au bord inférieur du Soleil, on doit ſouſtraire le demi-diametre de la diſtance apparente au zénith, ainſi qu'on l'a fait N°. 105 ; & lorſqu'on obſerve au bord ſupérieur, on ajoute le demi-diametre à la diſtance apparente au zénith, pour avoir la vraie diſtance du centre du Soleil au zénith.



ARTICLE II.

Instruction sur la maniere dont un Artiste doit procéder pour démonter, nettoyer & remonter une Horloge Marine (a), ou une Montre à Longitude : vérifier sa marche par diverses températures, &c.

QUOIQUE les Horloges Marines & les Montres de Longitudes soient par leur nature d'une exécution qui demande la plus grande précision, & que la composition de ces machines suppose dans l'Artiste qui voudroit les imiter une intelligence & une adresse peu connue ; il est cependant nécessaire, pour faciliter l'emploi de ces machines, que d'habiles Ouvriers Etrangers puissent sinon exécuter, mais au moins nettoyer les Horloges ou les Montres de Longitudes, qui auront été transportées dans des Pays trop éloignés pour pouvoir être renvoyées à leur Auteur. Tel est le motif qui me détermine à traiter, comme je vais le faire dans cet Article, de toutes les précautions dont un Artiste doit faire usage pour démonter, nettoyer & remonter, &c. une Horloge Marine ou une Montre à Longitude ; & je le ferai avec le plus de clarté & de précision qu'il me sera possible, & que la chose comporte, afin qu'un Artiste adroit & intelligent puisse mettre en pratique les opérations requises, selon l'ordre que j'indiquerai. Avec ces précautions j'espere que l'Observateur qui sera chargé d'une Horloge ou Montre à Longitude & de cet Ouvrage, pourra, dans le besoin, faire exécuter sous ses yeux les opérations que je vais détailler. Je joins ici, pour faciliter l'intelligence de cet Article, une Planche qui représente le mouvement d'une Horloge Marine. Cette Planche est placée à la fin de cet Article.

1°. *Démonter l'Horloge Marine* (b).

AVANT de démonter l'Horloge, il faut la laisser marcher jusqu'au *bas* sans la remonter ; on ôtera les vis qui attachent le mouvement au tambour, & on retirera le mouvement portant la batte & la lunette, & la glace de dedans le tambour, & avec précaution, & sur-tout de ne pas faire tourner le mouvement subitement pen-

(a) Je publiai en 1773, un Ouvrage qui a pour titre : *Traité des Horloges Marines*. Cet Ouvrage contient les Principes de construction, d'exécution, &c, qui doivent servir de guide à l'Artiste intelligent qui voudroit exécuter des Horloges Marines, semblables à celles que j'ai proposées ; mais comme cet Ouvrage, d'ailleurs, assez considérable, peut n'être pas entre les mains des Ouvriers qui pourroient en avoir besoin pour s'instruire convenablement avant de penser à démonter une des mes Horloges ; & que d'ailleurs, le Traité des Horloges Marines ne contient point d'article particulier, c'est pour y suppléer que j'ai ajouté celui-ci au petit Ouvrage qui doit toujours accompagner mes Horloges Marines.

(b) Je me contenterai d'indiquer ici les précautions qui concernent une Horloge Marine, parce que les Montres de Longitudes ayant la même construction, elles different seulement par le volume ; & parce que ces dernieres sont à ressort & les premieres à poids. Ce que je dirai pour les Horloges appartiendra donc également aux Montres ; d'ailleurs j'indiquerai en Notes, ce qui appartiendra aux Montres en particulier.

dant cette opération, & lorsqu'on la démontera, afin de ne pas imprimer le mouvement au balancier, car on pourroit déranger l'échappement; & il sera à propos, avant de procéder à rien démonter, d'étudier la machine en même-temps qu'on fera la lecture de cette instruction en entier, & de comparer les figures de la Planche avec la machine même, afin de mieux entendre ce que je vais dire. On décrochera (*a*) le bout 33 de la corde (voyez la Planche) de dessus son crochet 34, & on la dégagera de dessus les poulies *NN*: *OO*, &c.... On soulevera & dégagera le *cliquet* hh, situé dans la cage supérieure auprès de la grande roue des heures *CE*; par ce moyen on détendra un ressort *auxiliaire*, placé entre cette roue C & le rochet *F*: ce ressort qui étoit tendu par le moteur & retenu par le cliquet, sert à faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte; & il est nécessaire de le détendre, afin d'éviter qu'en démontant le rouage les roues ne puissent tourner, effet qui auroit lieu sans cette précaution, & qui pourroit endommager quelques parties de la machine.

On ôtera les *goupilles* qui fixent les grands piliers *FF*, *HH* de la cage du poids avec la platine *DD*, *NN* qui porte en dessous le *Méchanisme de compensation.*

On élevera toute la partie supérieure du mouvement, & la retirera de dessus les piliers de la cage du poids *MM*; on ôtera le *bouchon* de cuivre qui recouvre le trou de remontoir fait à la glace : on renversera toute cette partie du mouvement de l'Horloge, & on la fera poser sur le laboratoire (ou table), en mettant la lunette & sa glace sur la table, & le Méchanisme de compensation sera en enhaut. En cet état, on ôtera la vis qui fixe le grand pont *CC*, *DD* sur la platine *N*; ce pont porte le chassis de compensation composé de tringle d'acier & de cuivre *AA*, *BB*: après avoir ôté la vis de ce pont, on le soulevera avec précaution, afin de ne pas casser les pivots du grand levier de compensation 24, 25, mis en cage entre ce pont & la platine *N*; ensuite on démontera aussi le double pont *YY*, qui porte le pince-spiral 23, *a* 25. Ce double pont est attaché à la platine *N* par la vis 31 : on le soulevera avec précaution, pour ne pas forcer le *spiral* u.

Maintenant on pourra ôter aussi la vis du *piton* 20, qui fixe le bout extérieur du spiral : ce piton est attaché à la platine *N*; mais avant de desserrer sa vis 32, il est nécessaire de tracer sur la platine, avec une pointe d'aiguille bien fine ou avec le bout aiguisé d'un *écarissoir*, le contour du piton de spiral, afin que ce piton, dans le cas où il n'auroit pas de pieds qui en déterminât la position, soit remis exactement dans la même position lorsqu'on remontera l'Horloge. Cette précaution prise, on pourra ôter la vis 32; mais on laissera ce piton attaché au bout extérieur du spiral, étant de la plus grande importance de ne rien changer à cette partie.

REMARQUE I.

NOUS observerons ici qu'à mesure qu'on démontera les diverses parties de l'Horloge, il faudra placer chaque piece avec ses vis dans diverses boîtes qu'on séparera en plusieurs cases, afin de ne pas mêler les vis d'une piece avec celle d'une autre; d'ailleurs, il est à propos, pour ne pas se tromper de placer à part dans une boîte tout ce qui appartient au Méchanisme de compensation; dans une autre, ce qui dépend du rouage, &c. Au moyen de cet ordre facile, on ne mêlera aucune piece, & on opérera avec sûreté & simplicité.

(*a*) Si c'est une Montre à Longitude, on ôtera la bande du grand ressort moteur; mais auparavant on marquera un repere, s'il n'y en a pas au rochet d'encliquetage du barillet vis-à-vis du cliquet; & en débandant le ressort, on observera combien le ressort a de bandes; & on écrira avec une pointe sur la platine auprès du rochet la quantité de bande de ressort, afin qu'en remontant la Montre, on donne la même bande au ressort.

REMARQUE II.

DANS presque toutes mes Horloges, la *virole* de spiral doit demeurer attachée à l'axe de balancier, & la partie qui fait échappement, reste également attachée au bout supérieur de l'axe de balancier, & ce moyen est préférable & plus commode; mais j'en ai fait quelques-unes, comme N°. 8, par exemple, où pour démonter le balancier, il faut démonter la virole de spiral de dessus le bout prolongé de l'axe de balancier; & par l'autre bout de l'axe, il faut également défaire une goupille pour séparer de l'axe la partie qui forme l'échappement; & alors, on peut démonter cette partie de l'échappement & ensuite le spiral, ce qui se fait en ôtant une goupille qui traverse la virole & l'axe; dans une telle disposition de l'Horloge, il faut avoir soin de retirer avec dextérité cette goupille, & de maniere à ne rien casser. Mais dans la construction ordinaire de mes Horloges Marines & de mes Montres à Longitudes, le spiral demeure fixé au bout inférieur de l'axe de balancier, & la partie qui fait échappement demeure également fixe au bout supérieur de l'axe de balancier; mais en supposant que la virole de spiral tienne par une goupille à l'axe, on la retirera, & on ôtera le spiral tenant à son piton, sinon on se contentera de retirer, comme nous l'avons dit ci-dessus, la vis 31, en laissant le piton & le spiral attaché à l'axe de balancier.

Tout ce qui appartient au Méchanisme de compensation, étant démonté & casé dans la boîte, de la maniere que nous venons de le dire, on replacera toute la partie supérieure de l'Horloge sur la cage du poids, en remettant les pivots des piliers de cette cage inférieure en leur place; mais sans remettre les goupilles; par ce moyen la cage du poids servira de chevalet ou de table pour supporter le mouvement, pendant qu'on en démontera les autres parties.

On ouvrira la lunette qui porte la glace, on ôtera la vis marquée *G*, attachée à la détente qui sert à arrêter le balancier, lors du transport de l'Horloge par terre: on ôtera les aiguilles de dessus leurs pivots. Ensuite on pourra démonter la cage supérieure *A*, *A*, *BB* qui est celle du rouage de dessus la seconde cage *M*, *N*(*a*) qui est la cage du régulateur. Pour cet effet, on retirera les goupilles des trois piliers 10, 9, &c. prolongés de la cage du régulateur; on soulevera doucement la cage supérieure afin de ne rien déranger: la cage du rouage ainsi retirée, on ôtera les goupilles qu'on placera dans une seconde boîte, dans la boîte même où on mettra toutes les pieces du rouage, contenus dans cette cage supérieure.

Enfin, il ne restera plus à démonter que l'échappement & tout ce qui reste attaché à la cage du régulateur: cette cage du régulateur restant toujours sur celle du poids qui lui sert de *chevalet*. On démontera le pont, de précaution, qui passe au-dessus de la mâchoire *ml*, qui est attachée au ressort de suspension du balancier; on ôtera la vis qui fixe la mâchoire *ml* du ressort de suspension du balancier, sur la piece attachée au bout de l'axe supérieur de balancier; & pour ôter cette vis on

(*a*) J'ai construit plusieurs Horloges Marines, dans lesquelles pour plus de simplicité, j'ai supprimé la platine *BB*; ensorte que la platine *M* est commune à la cage du rouage & à celle du régulateur, & les piliers de la cage du rouage 1, 2 4 entrent dans la platine *M*; ainsi pour démonter le rouage, on ôte alors les goupilles de ces piliers, & enlevant la platine des piliers *AA*., le rouage demeure démonté & de bout sur la platine *M*: on retire ensuite toutes les parties de ce rouage, ce qui ne souffre aucune difficulté; mais, en observant qu'en remontant le rouage d'une Horloge qui a cette disposition, il faut prendre plus de précaution à cause du quarré de la premiere roue & des deux pivots prolongés de la roue de minute & de celle de seconde qui portent les aiguilles. Ces pivots étant plus long que les autres, on dirigera la platine-cadran lorsqu'on remonte la machine, pour que ces pivots entrent sans effort dans leurs trous.

ſoulevera doucement le balancier, afin que ce reſſort *l l* de ſuſpenſion du balancier ne ſouffre pas de l'effort du tourne-vis : la mâchoire *m l* étant détachée, on ôtera la vis du pont *P P*, & on lévera bien doucement ce pont, afin de ne pas fatiguer le reſſort de ſuſpenſion *l l*. Ce reſſort devant reſter attaché au pont *P P*, ſans rien toucher à la mâchoire ſupérieure *k* qui doit reſter fixée au pont *P* : on placera ce pont dans une caſe de la boîte qui doit contenir toutes les parties qui appartiennent à l'échappement. On démontera toutes les parties qui forment l'échappement, leſquelles ſont attachées ſur la platine *M*, & pour ne pas confondre les diverſes pieces qu'on démontera, on placera dans une même caſe, par exemple, la roue d'échappement avec ſon pont & ſa vis, & ainſi des autres pieces.

On démontera enfin la cage du régulateur; mais on obſervera que ſi les platines de cette cage ſont fendues, cela indique que pour démonter le balancier, il faut démonter les ponts 27 & 28 des rouleaux 13 & 18. Dans le cas ſuppoſé (*a*), on démontera ces ponts, & l'on retirera les rouleaux 13 & 18 ſans démonter les cages, enſuite on ôtera également le balancier ſans démonter les cages (*b*).

Le balancier étant démonté & placé dans une caſe d'une boîte, on ôtera les goupilles qui fixent la platine *M* avec les piliers 8, 8 de la cage du régulateur : on levera cette platine *M*, on mettra les goupilles de cette cage dans la même boîte où on a placé les rouleaux 13 & 18. On aura attention que le pont 27 ſoit auſſi placé dans la même caſe que le rouleau 13, & le pont 28 dans la caſe du rouleau 18.

On ôtera les goupilles des piliers 15, 19 des cages des rouleaux : en démontant les quatre rouleaux 12, 14 & 16, 17, on placera les rouleaux 12 & 14, dans la boîte ou caſe où eſt déja placé le rouleau 13 & ſon pont 27; on placera de même les rouleaux 16, 17 dans la même caſe où le rouleau 18 & ſon pont ſont placés. On mettra les goupilles de chaque cage des rouleaux, avec les rouleaux qui appartiennent à cette cage.

2°. *Nettoyer & remonter l'Horloge Marine.*

L'HORLOGE Marine étant démontée, & toutes les parties qui la compoſent placées dans des caſes particulieres, de la maniere que nous venons de le dire, on travaillera à nettoyer cette machine. Pour cet effet, on ſe munira de pluſieurs linges ou mouchoirs bien fins, & non aſſez uſés pour pouvoir faire du *duvet* : on ſe munira également d'un grand nombre de broches faites en pointes & de diverſes groſſeurs pour nettoyer les trous. Le bois de *fuſin*, & celui qu'on appelle à Paris le *bois blanc*, ſont très-bons pour faire ces broches : au défaut de ce bois, on en choiſira qui ne ſoit pas trop dur, & qui ſe coupe facilement avec un bon canif.

(*a*) La plupart de mes Horloges ſont ainſi conſtruites, comme je l'ai dit ci-devant; parce que le ſpiral & la piece d'échappement reſtent attachés à l'axe, ce qui évite de fixer ces pieces par des goupilles qui ſont ſujettes à accident, & à déranger les reperes du ſpiral & de la piece d'échappement.

(*b*) Mais ſi les platines ne ſont pas fendues pour le paſſage du balancier, alors pour démonter le balancier, on ôtera les goupilles qui fixent la platine *M* ſur les piliers 8, 8 de la cage du régulateur. On leve cette platine *M*, enſuite on retire le balancier, & les ſix rouleaux reſtent placés chacun dans leur cage particuliere; ſavoir, les rouleaux 12, 13, 14, après la platine *M*, dans la cage formée par la platine *M* & par celle *T*; & les rouleaux 16, 17, 18, reſtent placés dans la cage formée par la platine *N* & par celle *V*. Pour démonter ces rouleaux, on ôte les goupilles des piliers 15, 19, &c. & on leve les petites platines *T* & *V*; on retirera les rouleaux de chaque cage, & l'on caſe ſéparement les rouleaux de chaque cage dans deux boîtes particulieres, pour ne pas les mêler.

Il sera à propos, pour ne mêler aucune piece, de nettoyer successivement les pieces qui sont contenues dans une même boîte, & de suivre à-peu-près l'ordre, selon lequel nous avons procédé pour démonter la machine; mais pour éviter encore tout embarras, nous allons indiquer l'ordre qu'on doit suivre pour nettoyer la machine, & la maniere de le faire.

On nettoyera premiérement tout ce qui appartient à la cage du poids. Pour cet effet; on ôtera (a) le chariot du poids de dessus la platine des pilliers *FF*, *HH*: on démontera les deux chapes des poulies portées par la platine *II*, *KK* qui porte les poids *MM*; mais on laissera en place les trois ponts *ff*, *ff*, attachés à cette platine de même que les poids. On essuyera bien proprement avec un linge cette platine *II*, *KK*, les ponts qu'elle porte & les poids *MM*, ensorte qu'il n'y reste ni tâche d'huile ni poussiere : on essuyera de même la platine qui porte les trois grands piliers *FF*, *HH* : on essuyera également les trois grands piliers de cette platine. Ensuite on remettra en place le *chariot* du poids, c'est-à-dire, la platine *II*, *KK* portant les ponts & les poids, ayant attention que ce chariot soit mis à son repere avec la platine des piliers du poids. On démontera d'abord une des chapes des poulies du poids : on essuyera bien cette chape, & on passera des broches dans les trous pour en ôter l'huile; on nettoyera également les creusures faites à ces trous pour recevoir l'huile On figure, pour cet effet, convenablement les gros bouts des broches pour nettoyer les creusures; & pour le mieux, on se sert d'un petit linge fin que l'on met au gros bout des broches : ces trous doivent être tellement nettoyés que la broche en y passant ne soit point noircie ni marquée d'huile. On essuyera avec un linge la poulie, sa tige, & particuliérement ses pivots auxquels on ne laissera aucune marque d'huile ni de saleté : on remontera la poulie dans la chape, on prendra un *foret* d'une grosseur convenable pour porter une goutte d'huile (b) dans chaque réservoir des pivots de la poulie; la grosseur de la goutte, & par conséquent du foret, doit être proportionnée à la grandeur du réservoir. On ne doit pas mettre une trop grande quantité d'huile aux trous des pivots, sans quoi cette huile n'y resteroit pas, & il en faut cependant assez pour qu'elle ne se desseche pas trop promptement. On mettra la chape & sa poulie en sa place sur la platine *II*, *KK* du chariot, on serrera fortement sa vis, on nettoyera l'autre chape & sa poulie, de la même maniere; on mettra de l'huile aux pivots, & on replacera de même cette chape sur le chariot; on recouvrira cette cage du poids avec un grand mouchoir blanc pour empêcher que la poussiere ne s'y pose pas.

On prendra ensuite la platine *N* du régulateur, que l'on essuyera avec bien du soin, avec un linge blanc fin & non usé : chacune des platines *M* & *N* doit porter deux ponts qui sont ceux des rouleaux fixes 12, 14 & 16, 17. Pour mieux nettoyer les trous de ces ponts qui servent à recevoir les pivots des rouleaux, on pourra démonter de dessus ces platines les ponts en question : on nettoyera & essuyera bien ces ponts, on passera dans les creusures faites aux trous des pivots faits à ces ponts un bois figuré convenablement à ces creusures, & on se servira pour mieux ôter l'huile de ces creusures, d'un linge fin mis au bout des broches de bois préparées à ce dessein : on passera les broches à plusieurs reprises dans chaque trou, ayant soin de tailler les broches après qu'elles ont été passés dans les trous; on répétera la même

(a) Avant d'ôter ce chariot, il sera à propos de marquer un *repere*, s'il n'y en a point au chariot avec la platine qui porte les grands piliers *FF*, *HH*; afin qu'en remettant ce chariot en place, on ne le change pas de côté.

(b) On doit choisir de l'huile d'Olive d'*Aix*, la plus fine & la moins grasse qu'il est possible, pour mettre aux pivots d'une Horloge Marine : il faut que cette huile soit la plus fraîchement faite qu'on pourra se procurer; car la qualité de l'huile est d'une très-grande conséquence pour ne pas changer la justesse d'une Horloge.

opération jusqu'à ce que chaque trou de pivots des trois ponts inférieurs des rouleaux soient parfaitement nettoyés, ensorte qu'il n'y reste pas la moindre marque d'huile, & que le bois après avoir été passé dans le trou en sorte aussi propre que lorsqu'on l'a taillé avec le canif.

On doit remarquer que les trois ponts des rouleaux qui s'attachent sur la platine *N* du régulateur, portent des coquerets d'acier qui servent à recevoir les bouts des pivots inférieurs des rouleaux 16, 17 & 18, afin de diminuer le frottement de ces rouleaux : on nettoyera bien ces coquerets, & après les avoir remis & fixés par leurs vis chacun sur les mêmes ponts auxquels ils appartiennent, on fera entrer dans chacun des trous des pivots de ces ponts une petite goutte d'huile portée avec un foret d'une grosseur convenable, & de maniere qu'on voie l'huile se placer au sommet du trou, à l'endroit où les coquerets d'acier joignent les sommet ou goutte faite au pont au bout du trou; on opérera pour cela de la même maniere qu'on le fait pour introduire de l'huile aux pivots de balancier d'une Montre Françoise.

L'huile ainsi mise aux trois ponts des rouleaux inferieurs, on attachera les deux ponts des rouleaux 16 & 17 sur la platine *N*, ayant soin de bien serrer les vis.

On essuyera la petite platine *V* qui forme avec celle *N* la cage des trois rouleaux inférieurs 16, 17, 18 : on ôtera l'huile des creusures, de la même maniere que nous l'avons expliqué, en se servant d'un bois figuré & d'un linge fin. On nettoyera les trois trous des pivots des rouleaux, de la même maniere qu'on l'a pratiqué pour les trois ponts des rouleaux, & que nous venons de le dire ci-dessus.

On prendra les trois rouleaux inferieurs 16, 17 & 18, que l'on essuyera le plus proprement possible avec un linge bien fin, on essuyera particuliérement la circonférence des rouleaux, les tiges & les pivots; mais par rapport aux pivots des rouleaux, il faut, pour les bien nettoyer, se servir d'un morceau de bouchon de liege bien fin & doux, ce qui emportera l'huile de ces pivots; on peut également en agissant avec dextérité, nettoyer les pivots avec un linge bien fin. On ne peut pas apporter trop de soin, en général, pour nettoyer les pivots & les trous de ces machines.

Les rouleaux étant parfaitement nettoyés ainsi que leurs pivots, on remontera & mettra en cage les deux rouleaux 16 & 17. Pour cet effet, on placera ces rouleaux à leurs réperes sur le dedans de la platine *N*. On aura attention en les remontant de conduire doucement les bouts supérieurs des tiges de ces rouleaux, pour faire entrer les pivots dans leurs trous, afin d'éviter de courber ou casser ces pivots : ces deux rouleaux étant à leur place, dans leur cage *NV*, on mettra & serrera fortement les goupilles des piliers 19, 19 de la platine *V*. On mettra une goutte d'huile à chacun des trois trous des rouleaux fait à la platine *V*; chaque goutte doit être proportionnée à la grandeur de la creusure.

En attendant que l'autre cage des rouleaux supérieurs soit nettoyée, on placera la platine *N* portant les rouleaux qu'on vient de nettoyer à sa place sur les grands piliers de la cage du poids, & on recouvrira le tout du même linge pour empêcher l'entrée de la poussiere.

Pour nettoyer la cage supérieure des rouleaux, formée par la platine *M* & la petite platine *T*, on suivra les mêmes procédés que nous venons d'indiquer pour celle d'en bas; ainsi après avoir démonté les deux ponts des rouleaux 12 & 14, on nettoyera bien les ponts & les trous des pivots, on essuyera & nettoyera avec grand soin la platine *M*, & les trous de pivots : on nettoyera de même la platine *TT*, & les trois trous de pivots des rouleaux. Pour cet effet, on démontera d'abord les trois coquerets d'acier que porte cette platine pour recevoir les bouts inférieurs des pivots de rouleaux 12, 13 & 14; ensuite on nettoyera cette platine *T* & les trous de pivots. On essuyera & nettoyera les coquerets d'acier, puis on les

remettra

remettra en leur place, de maniere que le bout de ces coquerets répondent bien aux trous des pivots : on ſerrera fortement les vis de ces coquerets, & l'on mettra de l'huile à chaque trou des pivots de rouleau de cette platine, & de maniere qu'on voie l'huile entourer le trou à l'endroit où le bout du coqueret d'acier poſe.

On nettoyera les trois rouleaux 12, 13 & 14, de la même maniere qu'on l'a fait pour les trois rouleaux inférieurs; on mettra en place les rouleaux 12 & 14, que l'on poſera à leurs reperes ſur le dedans de la platine *M*; on poſera avec les ſoins preſcrits ci-deſſus, la platine *T*; & les pivots des rouleaux étant dans leurs trous, on mettra les goupilles aux trois piliers 15, 15, &c.

Les deux cages des rouleaux ainſi nettoyés, & les quatre rouleaux 12, 14; 16, 17 mis en cage, on prendra la platine inférieure *N* du régulateur, & on mettra la platine *M* en ſa place ſur cette platine, & l'on raſſemblera ainſi la cage du régulateur : on mettra en place & on ſerrera fort les trois goupilles des piliers 8, 8 de cette cage. Cela ainſi fait, il faudra nettoyer le balancier; pour cet effet, on l'eſſuyera légérement avec un linge fin, on eſſuyera également l'axe & les parties de cet axe qui forment les pivots de balancier; mais on prendra garde de ne pas toucher au ſpiral, & de ne pas le forcer en nettoyant l'axe & le balancier. On nettoyera la partie portée par le bout ſupérieur de l'axe de balancier, & ſur laquelle s'attache la mâchoire *m* du reſſort de ſuſpenſion du balancier, partie qui forme en même-temps l'échappement; toutes les parties portées par l'axe de balancier étant bien nettoyées, on mettra de l'huile aux pivots des pieces portées par le bout ſupérieur de l'axe de balancier. Enſuite on mettra le balancier à ſa place dans la cage du régulateur, le bout inférieur qui porte le ſpiral tourné en enbas du côté de la platine *N*. On tiendra pour cette opération la cage poſant verticalement ſur le laboratoire : le balancier poſant ainſi verticalement ſur les quatre rouleaux déja en cage, il faudra mettre en place les deux rouleaux 13 & 18. Savoir, celui 13 à ſa place, dans la cage ſupérieure *MT*; & celui 18, dans celle *NV*: on mettra à chaque rouleau le pont qui lui appartient; chacun de ces ponts doit être fixés par deux vis : avant de ſerrer ces vis, on preſſera légérement chaque pont pour porter le rouleau contre l'axe de balancier, & juſqu'à ce que le rouleau touche légérement l'axe en tournant: on ſerrera alors les vis, mais pas encore tout-à-fait; car ſi le rouleau touche trop fort à l'axe, on donnera au pont un petit coup de marteau pour éloigner le rouleau de l'axe; enfin on procédera tellement que l'axe aie très-peu de jeu entre les rouleaux, & que la cage étant dans cette ſituation, le rouleau ſoit très-près de toucher à l'axe, & que cependant, il tourne librement ſans y toucher, mais qu'il ſoit près d'y toucher pour peu qu'on l'en approchât; c'eſt en cet état que l'on doit ſerrer fortement les vis des ponts; mais après les avoir ſerrées, il faut encore voir ſi, en les ſerrant, on n'a pas écartés ou approchés les rouleaux plus qu'il ne le falloit des pivots du balancier; on approcheroit donc ou l'on écarteroit en frappant avec un marteau ſur les ponts, pour donner à chaque bout de l'axe le jeu preſcrit. Nous avons inſiſté ſur cette partie, parce qu'il eſt eſſentiel qu'en même-temps que les ponts demeurent bien fixes, chacun par leurs deux vis, l'axe de balancier n'ait cependant que le jeu convenable; & dont la regle eſt, comme je viens de le dire, que la cage étant verticale les rouleaux 13 & 18 ne touchent pas en tournant aux pivots de l'axe, mais qu'ils y touchaſſent réellement, pour peu qu'on approchât les rouleaux de l'axe.

Le balancier ainſi mis librement en cage, on placera la cage du régulateur ſur les piliers de la cage du poids. On eſſuyera le pont *PP* qui porte le reſſort de ſuſpenſion du balancier, & avec précaution, pour ne pas fatiguer le reſſort auquel on ne doit pas toucher; on mettra ce pont *P* à ſa place, & le fixera par ſa vis ſur la platine *M*; on fera entrer les pieds de la mâchoire *m* du reſſort de ſuſpenſion

en leur place, & on fixera cette piece sur la piece portée par l'axe de balancier; au moyen de sa vis; on soutiendra le balancier pour que l'action du tourne-vis ne fatigue pas le ressort de suspension. On essuyera le pont de précaution qui passe au-dessus de la mâchoire *m* du ressort de suspension : ce pont de précaution sert à retenir dans le transport de l'Horloge par terre, l'effort de la détente qui souleve le balancier, afin que le ressort de suspension ne soutienne pas le balancier lors du transport de la machine.

On nettoyera avec soin la roue d'échappement, au moyen d'une brosse bien fine qui serve à retirer l'huile, & essuyant à plusieurs reprises cette roue avec un linge fin; on nettoyera avec les soins indiqués les trous des pivots de cette roue faits aux ponts & à la platine; on mettra en place cette roue sur la platine *M*, & introduisant avant une goutte d'huile au trou de pivot de la roue d'échappement fait à cette platine *M* : on fixera le pont de la roue d'échappement sur cette platine au moyen de sa vis; on mettra une goutte d'huile au trou de ce pont qui reçoit le pivot supérieur de la roue; on nettoyera également la piece d'échappement, & la mettra en cage avec son pont. Après avoir nettoyés les trous & pivots, on mettra de l'huile à ces pivots, & pareillement une petite goutte d'huile à chaque bout de l'ancre ou piece d'échappement. Toutes les parties qui forment l'échappement étant bien nettoyées & remises à leurs places, en mettant de l'huile à l'endroit de point de contact de ces pieces, il ne restera plus qu'à nettoyer le rouage & le méchanisme de compensation. Mais auparavant, on aura soin de mettre de l'huile aux trous des trois ponts des rouleaux supérieurs portés par la platine *M*.

On nettoyera avec les soins prescrits les deux platines *AA*, *BB* qui forment la cage du rouage; les trous des pivots de ces platines seront nettoyés de la maniere que je l'ai expliqué : on démontera la poulie de renvoi *OO* du poids portée par le dedans de la platine *BB*; on nettoyera les ponts & trous de cette poulie, la poulie & ses pivots; on la remettra en place; on mettra de l'huile aux trous des pivots de cette poulie.

Pour nettoyer les roues de cette Horloge, on commencera par la grande roue des heures ou de cylindre *C*, *F*, *E*. Pour cet effet, on démontera le cadran des heures *D*, lequel tient à frottement sur le canon de la roue *C*; on retirera également une virole d'acier mise à frottement au bout du canon de cette roue *C*. Cette virole d'acier sert à contenir la roue *C* sur l'axe du cylindre *E*; la roue *C* & le *rochet F* ainsi démontés, on nettoyera cette roue & son canon; on passera une brosse dans ses dents pour en ôter la poussiere : on nettoyera le rochet *F* & l'encliquetage qu'il porte : on nettoyera l'axe du cylindre *E*, les pivots & le quarré de cet axe : ensuite on remontera toutes les parties de cette roue des heures; on placera premiérement, comme il l'étoit, le rochet *F* sur l'axe du cylindre; on mettra une goutte d'huile au trou de ce rochet; on mettra en place le ressort d'acier qui doit être placé entre le rochet *F* & la roue *C* : ce ressort qui forme un cercle porte à chacun de ses deux bouts une cheville, l'une entre dans un trou du rochet *F*, & l'autre dans un trou de la roue *C*; on mettra une goutte d'huile dans le trou du canon de cette roue, & on mettra cette roue sur son axe ayant soin que la cheville du ressort entre dans le trou fait à une des croisées de la roue; l'autre cheville du même ressort entrant dans le trou fait au rochet; on mettra la virole d'acier, & on ne la serrera contre la roue qu'au point que la roue entraîne le rochet *F* librement, mais laissant peu de jeu selon la longueur du canon; on mettra en sa place le cadran des heures après l'avoir essuyé.

On nettoyera les autres roues du rouage en passant un linge fin sur les roues, & sur les axes & les pivots; & on nettoyera les pignons & les dentures des roues avec une brosse. On nettoyera le cliquet du rochet *F*, ensuite on remontera

le rouage de l'Horloge; on attachera solidement les quatre goupilles des piliers : on attachera en sa place le ressort droit qui doit agir sur le cliquet *hh*; on finira cette partie en mettant de l'huile à tous les pivots du rouage.

On nettoyera la détente qui sert à soulever le balancier lors du transport de la machine par terre, & on mettra la cage du rouage à sa place, & avec précaution pour ne rien courber; on verra si la roue qui engrene dans le pignon d'échappement n'arcboute pas sur le haut des *ailes* de ce pignon; on la fera entrer entre les aîles, & l'on verra si le bout supérieur de la détente n'accroche à rien en mettant la cage des rouages à sa place; on mettra & chassera les goupilles qui assemblent la cage du rouage avec celle du régulateur, & on mettra les aiguilles de minutes & de secondes en leur place; & les faisant entrer un peu à force, de façon cependant que celle des secondes à laquelle on ne doit jamais toucher lorsque l'Horloge marche, tombe juste sur une division du cadran; quant à l'aiguille des minutes, on peut la tourner en avant lorsque l'Horloge marche, mais jamais en arriere.

Enfin, pour achever de nettoyer & de remonter l'Horloge Marine, il ne reste plus qu'à nettoyer le méchanisme de compensation, ce que l'on fera. On démontera, pour cet effet, le ressort *dd*, *ee* du pince-spiral, & ensuite le double pont *Y* qui contient le pince-spiral : on nettoyera ce double pont & les trous des pivots; on nettoyera le pince-spiral & ses pivots bien soigneusement, on remontera le pince-spiral, on mettra de l'huile aux pivots & replacera le ressort *dd*, *ee*, sans changer en aucune maniere sa bande qui est réglée. On nettoyera le grand levier & les trous de ses pivots, l'un fait au pont *DD*, *CC*, & l'autre à la platine *N*.

Maintenant, pour remonter le méchanisme de compensation, on placera horizontalement le mouvement sur la table, la glace & le cadran *A* en enbas, & la platine *N* en haut; on mettra la vis du piton de spiral en ne la serrant qu'après qu'on aura vu que le piton corresponde parfaitement aux traits qu'on a tracé sur la platine avant de le démonter. Le piton ainsi fixé solidement aux mêmes points où il étoit, on mettra le double pont à sa place faisant entrer la partie *x u* du pince-spiral, de façon que le spiral passe dans sa fente : on remontera le grand levier de compensation avec le pont & le chassis *AA*, *BB*, *DD*. Avant de le remonter, on mettra de l'huile à l'endroit de ce levier où se fait le contact; savoir, du petit bras 25 avec la plaque d'acier mise au bout du chassis composé; & au grand bras 24, à l'endroit où il agit sur le bout de la vis portée par la boîte 23. Enfin, on attachera fortement la vis de ce pont, on mettra de l'huile aux pivots, & le méchanisme de compensation sera entiérement remonté.

Pour achever de remonter l'Horloge, on mettra l'assemblage formé par la partie supérieure du mouvement, c'est-à-dire, par le rouage, le régulateur & la compensation. On mettra, dis-je, tout cet assemblage à sa place sur la cage du poids; on chassera à force les goupilles des trois grands piliers *FF*, *HH*, *GG* du poids; & enfin on fera passer la corde attachée au cylindre *E* sur la poulie de renvoi *OO*, delà sur les chapes *NN*, & on conduira le bout de la corde 33 qu'on accrochera sur son crochet 34; on observera si la corde est bien placée dans les rainures du cylindre *E*; ensuite on remontera doucement le poids au moyen de la clef. On ouvrira la lunette portant la glace, & l'on mettra en sa place la vis G qui sert à arrêter la détente servant au transport de l'Horloge : on poussera cette vis en l'éloignant de la lettre *H* gravée sur le cadran, on mettra les aiguilles à l'heure; & enfin on donnera le mouvement au balancier, & l'Horloge marchera.

Nota. Dans le cas où l'Horloge ne seroit pas aussi exactement réglée sur le moyen mouvement qu'on le desireroit, l'Artiste pourroit la régler facilement, en tournant la vis portée par la *boîte de compensation* 23; le bout de cette vis appuie sur le grand levier de compensation 24; l'autre bout de la même vis est quarré, & on la

fait tourner au moyen d'un bout d'acier ou de cuivre terminé en fourchette, laquelle entre ſur ce quarré : l'Index porté par le bras de cette boîte de compenſation indiquera ſur la partie graduée de la platine, le chemin qu'on a fait faire à la vis pour régler l'Horloge.

3°. *Eprouver l'Horloge Marine par divers degrés de chaud & de froid, pour dreſſer la Table d'Equation pour la température.*

Le Méchaniſme de compenſation que j'ai adopté pour compenſer dans mes Horloges Marines, les changements cauſés dans ces machines par le chaud & le froid, produit très-bien ſes effets & d'une façon sûre, quoique la compenſation n'ait pas également lieu par tous les degrés extrêmes & moyens de la température ; mais les mêmes différences ſe retrouvent toujours, toutes les fois que l'Horloge éprouve les mêmes degrés de chaud & de froid, par leſquels la compenſation n'eſt pas exacte ; ſi donc on connoît ces différences & les degrés du thermometre par leſquels elles ont lieu, on obtiendra par le moyen de cette Table, la même exactitude pour la détermination des longitudes, que ſi cette compenſation étoit parfaitement exacte par tous les degrés de température. Il ne faut pour cela que noter chaque jour ſur le Journal de Navigation, le degré que marque le Thermometre placé dans la caiſſe de l'Horloge ; & lorſqu'on veut trouver l'heure exacte de l'Horloge, on ajoute ou retranche de l'heure qu'elle marque les ſommes des différences qu'elle a eue lorſqu'elle étoit expoſée au degré de température, marqué dans le Journal (117), en prenant dans la Table les différences correſpondantes aux degrés donnés par le Journal. Nous allons expliquer les moyens de former cette Table.

1°. Nous obſerverons qu'il eſt abſolument néceſſaire pour dreſſer cette Table, que le degré de température marqué par le Thermometre, que l'on place auprès de l'Horloge, indique la température actuelle de l'intérieur de l'Horloge.

2°. Il faut que pendant les épreuves que l'on doit faire pour dreſſer la *Table d'Equation de la température*, l'Horloge reſte toujours ſur ſa ſuſpenſion & dans ſa caiſſe, de la même maniere que ſi elle étoit dans le Vaiſſeau.

3°. Il faut que le Thermometre dont on ſe ſert dans les épreuves pour dreſſer la Table, ſoit placé tout auprès du tambour à la hauteur du méchaniſme de compenſation ; & ce même Thermometre doit toujours accompagner l'Horloge en Mer, & être placé dans la caiſſe de cette machine, & auſſi près qu'il ſe pourra du tambour, par ce moyen il indiquera sûremen: la température de l'Horloge.

4°. Pour faire ces épreuves & dreſſer une Table exacte, il faut augmenter & diminuer par degrés inſenſibles le chaud & le froid, & ne pas faire paſſer ſubitement l'Horloge du grand chaud au grand froid ; car par ce paſſage ſubit, on ne laiſſe pas le temps à la température de pénétrer également toutes les parties intérieures de la machine, & dans le même inſtant.

5°. Il faut choiſir, autant qu'il eſt poſſible, l'Hiver pour faire ces épreuves, parce qu'ayant la marche de l'Horloge par le froid, il eſt facile enſuite de la faire paſſer par tous les degrés de chaud ; je me ſers, pour procurer les divers degrés de chaud dont j'ai beſoin, d'une lampe renfermée dans un tuyau de fer blanc : je place cette lampe & ſon tuyau dans la caiſſe même de l'Horloge, & j'augmente à volonté la chaleur, ſoit en tenant la caiſſe preſque fermée, ou en l'ouvrant lorſque la chaleur eſt trop grande. Le tuyau ou eſpece de cheminée qui contient la lampe, porte au dehors de la caiſſe la fumée de la lampe ; ſi l'on avoit une glaciere à ſa diſpoſi-

tion, les épreuves feroient beaucoup plus faciles & pourroient fe faire en Eté.

6°. Quand on aura fait fubir à l'Horloge une température quelconque, & que le Thermometre demeurera au même degré pendant cinq ou fix heures, on fera alors certain que l'intérieur de l'Horloge eft à la même température que le Thermometre indique. Alors feulement, on pourra commencer l'expérience; 1°, à ce moment on obfervera la différence du temps marqué par l'Horloge Marine, au temps marqué par une bonne Pendule à Secondes; 2°, on portera fur le Regiftre qui doit fervir à former la Table, la différence de l'heure de l'Horloge Marine à celle de la Pendule : on portera fur le même Regiftre, le degré du Thermometre & l'heure où commence l'obfervation; 3°, on entretiendra la température, de forte que le Thermometre ne monte ni ne baiffe; 4°, au bout de 12 ou 24 heures, on portera fur le Regiftre l'accélération ou le retard de l'Horloge Marine fur la Pendule, en tenant compte de la premiere différence portée fur le Regiftre, & qu'on avoit obfervé entrer l'heure de l'Horloge & celle de la Pendule, on aura un des termes de la Table.

On procédera par une méthode femblable à trouver les principaux points de la Table, & l'on conçoit que cela exige un peu de temps.

Dreffer la Table d'Equation pour la Température.

NOUS prenons ici pour exemple les épreuves faits avec l'Horloge N°. 6.

Le Thermometre étant à 29 Degrés.	L'Horloge avance $27\frac{3}{7}$ en 24 Heures.
. . . . 11	. . . . $20\frac{2}{5}$
. . . . 18	. . . . $22\frac{1}{2}$
. . . . 24	 24

Ainfi lorfque l'Horloge paffe de 11 degrés à 29, elle éprouve une variation dans fa marche qui eft de $7''\frac{1}{35}$ (différence de $27\frac{3}{7}$ à $20\frac{2}{5}$) : donc en fuppofant l'Horloge réglée à 11 degrés, elle avanceroit de $7''\frac{1}{35}$, à 29 degrés de $2''\frac{1}{10}$, à 18 degrés, &c. Voici donc la Table.

A 11 Degrés		0 Correction.
18	av.	$2''\frac{1}{10}$ en 24 Heures.
24	av.	$3''\frac{6}{10}$
29	av.	$7''\frac{1}{35}$.

REMARQUE.

LORSQUE la compenfation du chaud & du froid ne fe fait pas affez exactement, & que les différences de la Table font au-deffus de 6 à 7 fecondes comme dans l'exemple ci-deffus : il faut dans ce cas que l'Artifte qui aura néttoyé l'Horloge amene plus près la compenfation. Pour cet effet, fi la compenfation eft trop forte; c'eft-à-dire, fi l'Horloge avance par le chaud, il écartera la boîte 23 (fig. de la Planche) de la tige z, du *pince fpiral* : & fi la compenfation eft trop foible, il approchera la boîte 23 de la tige z : la graduation porté par la boîte 23, lui indiquera les quantités dont il approche ou dont il écarte la boîte de la tige z. Et chaque fois qu'il aura changé la boîte de place il répétera les épreuves du chaud au froid, jufqu'à ce que la compenfation foit plus exacte.

REMARQUE. *Sur l'usage des Horloges dans la Navigation.*

POUR obtenir des Horloges Marines tous les secours qu'elles peuvent procurer aux Navigateurs, soit pour la conduite du Vaisseau ou la rectification des Cartes ; il est nécessaire de vérifier leur *marche* aussi souvent qu'il sera possible, afin de tenir compte des changements qu'elles auront éprouvés ; car il faut bien remarquer que, pour avoir la longitude à demi-degré près, la variation journaliere de l'Horloge ne doit pas excéder 2″ $\frac{6}{7}$ au bout de six semaines (voyez note (*a*) page 3) ; mais on doit encore observer que si une Horloge est telle par sa nature qu'elle aille en avançant ou en retardant progressivement, ensorte qu'au bout de huit jours, par exemple, elle avance (ou retarde) d'une seconde de plus qu'elle ne faisoit en partant du Port : qu'au bout de 16 jours elle avance de 2″ de plus &c, ensorte qu'au bout de 42 jours son avance (ou retard) excéde 5″ $\frac{1}{7}$ l'avance (ou le retard) reconnus avant le départ, dans ce cas encore cette Horloge donneroit la longitude à demi-degré près ; car la somme de ces avancements ou retardements, seroit de 2 minutes de temps qui répondent à un demi-degré : mais pour connoître cette marche progressive de l'Horloge, il faut, comme nous venons de le dire, vérifier souvent son mouvement, en répétant plusieurs fois les observations qui servent à constater la véritable marche avant le départ ou dans le cours de la Campagne. Or en connoissant ainsi la marche progressive de l'Horloge, on pourra en tenir compte, soit pour la conduite du Vaisseau ou pour la réctification des Cartes ; car si on sait qu'elle va en avançant ou en retardant d'une seconde, par exemple, en 8 jours, on dressera en conséquence le Journal d'après le modele de la page 57, & on ajoutera ou soustraira à chaque iour $\frac{1}{8}$ de secondes au temps de l'Horloge : c'est ainsi qu'en a usé M. de Fleurieu dans *le Voyage fait en 1768 & 1769 pour éprouver* les Horloges N°. 6 & N°. 8. (Ces machines alloient en retardant) : par cette Méthode on obtiendra la même précision que si la marche des Horloges étoit constamment la même.

ADDITION *au* n°. 11, page 6.

LES arcs que le Vaisseau décrit dans ses balancements sont beaucoup plus grand par le *Roulis* que par le *Tangage* : c'est par cette raison que j'ai dit, n°. 11, page 5, que la plus grande longueur de la Caisse qui contient l'Horloge, doit être placée dans le sens du roulis ; par ce moyen le tambour de l'Horloge ne sera pas exposé à battre aux côtés de la Caisse, effet très-dangereux qu'on évitera en plaçant l'Horloge dans le Vaisseau, de maniere que le plus grand balancement que le tambour peut faire dans sa Caisse, se fassent dans le sens même du roulis.

Addition au n°. *66*, *page* 28.

LES observations des hauteurs absolues du Soleil pour trouver l'heure, se font de la même maniere que celles des hauteurs correspondantes dont les procédés sont expliqués n°. *67* pour l'Octans, & *Appendice* page 72 pour le quart de cercle. La seule différence consiste en ce que pour prendre des hauteurs absolues du Soleil avec l'Octant, ou avec le quart de cercle, ces Instruments doivent être vérifiés de la maniere qu'on l'a expliqué page 34 & 70.

Addition à l'Article qui traite de la maniere de prendre les hauteurs correspondantes du Soleil avec le quart de cercle, page 72.

LORSQU'ON prend des hauteurs correspondantes avec un quart de cercle dont la lunette mobile porte un *Alilade* ayant un *Nonius* : (c'est la meilleur construction & la

plus usitée aujourd'hui). Il faut qu'en même temps que le fil à-plomb passe (comme nous l'avons dit page 72) par les deux points qui déterminent la position verticale de l'Instrument, il faut, dis-je, que l'Alidade soit arrêtée de façon que la ligne de foi ou une des lignes du Nonius corresponde parfaitement à une des divisions de l'instrument; & en cet état on attend que le bord supérieur réel du Soleil vienne raser le bord supérieur du fil horizontal de la lunette; en cet instant on compte la seconde marquée par l'Horloge &c. (66) : & l'après-midi on a soin de placer l'Alidade sur la même division où elle étoit le matin (68), le fil à-plomb passant toujours par le milieu des points qui reglent la position verticale du quart de cercle; on attend en cet état que le bord supérieur réel parvienne au bord supérieur du fil horizontal & notant, comme on l'a expliqué page 72, le temps de l'Horloge à l'observation du matin & à sa correspondante du soir, on a l'heure, &c.

Quand on prend des hauteurs absolues, soit avec l'octant ou avec le quart de cercle, on peut, au lieu d'arrêter, comme nous venons de le dire, l'Alidade sur une division, & d'attendre le moment du contact, employer un autre moyen, c'est de tourner doucement la vis de rappel qui conduit l'Alidade, ensorte que le contact du bord du Soleil avec l'horizon pour l'octant, ou avec le bord du fil dans le quart de cercle, se fasse au moment que l'on veut; & l'on compte le temps marqué par l'Horloge à l'instant de ce contact, & ensuite on voit à quel degré & minute & partie de minute le Nonius est arrêté; & pour en mieux juger, il faut employer une loupe ou microscope. Mais la méthode que l'on employe pour prendre les hauteurs corespondantes me paroît préférable, parce qu'en arrêtant le Nonius parfaitement sur une division, on n'est pas exposé à mal juger, comme par la seconde méthode, la fraction de minute que donne le Nonius lorsqu'il ne s'arrête pas exactement sur une des divisions de l'Instrument.

Addition au n°. 7, *page* 4.

INDÉPENDAMMENT des trois sortes de Machines à Longitudes que j'ai composé & dont j'ai parlé n°. 7, j'ai encore construit des Montres de poche (*a*) qui dans bien des cas peuvent être utiles aux Navigateurs. Elles serviront, en accompagnant une Horloge Marine, à porter l'heure de la terre au Vaisseau; à déterminer la marche de l'Horloge; la position d'une Isle, d'un Cap, &c. Mais on doit bien remarquer que même en employant dans la construction (*b*), des Montres de poche les mêmes moyens que dans les *Montres à Longitudes*, l'on n'obtiendroit pas autant de justesse des premieres que des dernieres. 1°, Parce que la Montre de poche n'a point de position fixe étant tantôt verticale, tantôt honrizontale, & inclinée : 2°, Que cette Machine étant plus petite, le Régulateur a beaucoup moins de puissance & plus de frottement; qu'il éprouve des variations plus sensibles de la part des huiles, &c; 3°. Que le méchanisme de compensation en est moins parfait : enfin je dois ajouter qu'une telle Montre est beaucoup plus difficile à exécuter. Ainsi je préfere infiniment pour l'usage des Navigateurs, les Montres Marines dont j'ai parlé notte (*b*) n° 7, page 4 : ces dernieres sont plus simples, plus exactes & moins cheres que ne le seroient des Montres de poche que l'on destineroit à donner la Longitude.

(*a*) Je déposai en 1764 le projet de la premiere Montre de cette espece, elle fut vendue à Londres en 1766. Voyez *Traité des Horloges Marines*, page xxiv.

(*b*) Je commençai, en 1765, une *Montre Astronomique* pour M. le Marquis de Courtenvau. La construction de cette Montre est absolument la même que celle des Montres à Longitudes.

AVERTISSEMENT

Sur le Recueil des Tables nécessaires pour trouver la Longitude en Mer par la mesure du temps.

L'USAGE des Tables I, II, III & IV, est expliqué n°. 39 & suivants jusqu'au n°. 50.

Celui des Tables V, VI, VII & VIII, est expliqué n°. 87 & suiv. 106, &c.

Celui de la Table IX & X, est expliqué n°. 60 & suiv.

L'usage des Tables XI, XII, XIII & XIV, est expliqué n°. 83 & suiv.

L'usage des Tables XVI & XVI, est placé au-dessous des Tables mêmes.

L'usage des Tables des Logarithmes, des Sinus, est expliqué dans les Notes du n°. 108, &c.

Explication de la Table XV, ou différences des Méridiens, &c.

* *Désigne une Longitude ou une Latitude déterminée à terre par des Observations Astronomiques.*

⊙ *Désigne une Longitude déterminée par mes Horloges Marines,* N°. *6 &* N°. *8, dans le voyage fait en 1768 & 1769, par MM. de Fleurieu & Pingré, pour éprouver ces Machines,*

» *Si l'on veut savoir* (a) *à quel degrés de différents Méridiens correspondent les Longitudes occidentales du Méridien de Paris donnés dans nos Tables; on fera attention que les Longitudes rapportées aux Méridiens de l'Isle-de Fer, du Pic de Ténériffe, du Pic des Açores, se comptent par une seule progression de 0 à 360, & de gauche à droite; c'est-à-dire, du premier Méridien en allant vers l'Est, le Pôle Arctique étant toujours situé vers le haut. Mais les Longitudes rapportées aux Méridiens de Paris, de Londres & du Cap-Lézard, se distinguent en orientales & occidentales: on appelle* Degré de Longitude orientale *ceux qui sont à droite du premier Méridien jusqu'au nombre de 180 degrés; & degrés de Longitudes occidentales, ceux qui s'étendent à la gauche du même Méridien, jusqu'à*

(a) Cette explication est tirée de l'Ouvrage de M. de Fleurieu, qui a pour titre, *Voyage fait par ordre du Roi, &c.*

pareil

pareil nombre de 180 degrés. Cette distinction étant annoncée, on peut établir les Régles suivantes.

1°. Pour rapporter les Longitudes de la Table au Méridien de l'Isle-de-Fer, situé à 20 degrés à l'occident du Méridien de Paris ; si la Longitude des Tables excede 20 degrés, ôtez-le de cette Longitude : & ôtez le reste de 360 degrés ; vous aurez la Longitude rapportee au Méridien de l'Isle-de-Fer. Ainsi la Praya (Isle de Saint-Yago) est par 25^d 50′ dans la Table, ôtez-en 20^d, il restera 5^d 50′ ; ôtez-les de 360^d, vous aurez 354^d 10′ pour la Longitude de la Praya, rapportée au Méridien de l'Isle-de-Fer. Si la Longitude des Tables est moindre que de 20^d, ôtez-la de 20^d, le reste sera la Longitude rapportée au Méridien de l'Isle-de-Fer. Ainsi Rochefort est par 3^d 18′ 34″ dans la Table, ôtez-les de 20^d, il restera 16^d 41′ 26″ pour la Longitude de Rochefort rapportée au Méridien de l'Isle-de-Fer.

2°. Pour rapporter les Longitudes au Méridien du Pic de Ténériffe, situé à 18^d 52′ à l'occident de Paris. Si la Longitude des Tables excede 18^d 52′, retranchez-les de la Longitude : & retranchez le reste de 360^d. Si elle est moindre que 18^d 52′, retranchez-la de cette quantité.

3°. Pour rapporter les Longitudes de la Table au Méridien du Pic des Açores, situé à 30^d 48′ 41″ à l'occident de Paris. Si la Longitude des Tables excede 30^d 48′ 41″, retranchez-les de la Longitude : retranchez-le reste de 360^d. Si elle est moindre que 30^d 48′ 41″, retranchez-la de cette quantité.

4°. Pour rapporter les Longitudes des Tables au Méridien de Londres, pris à l'Observatoire Royal de Greenwich, & situé à 2^d 20′ à l'occident de Paris. Si la Longitude du Méridien de Paris est occidentale, ôtez-en 2^d 20′, & vous aurez la Longitude occidentale du Méridien de Londres. Si la Longitude du Méridien de Paris étoit orientale, vous y ajouteriez 2^d 20′ : & vous auriez la Longitude orientale du Méridien de Londres.

Le Cap-Lézard, est à 7^d 28′ à l'occident de Paris. Pour rapporter les Longitudes du Méridien de Paris à celui du Cap-Lézard ; vous observerez ce qui a été dit pour les rapporter au Méridien de Londres, en tenant compte de 7^d 28′, au lieu de 2^d 20′ ».



ERRATA.

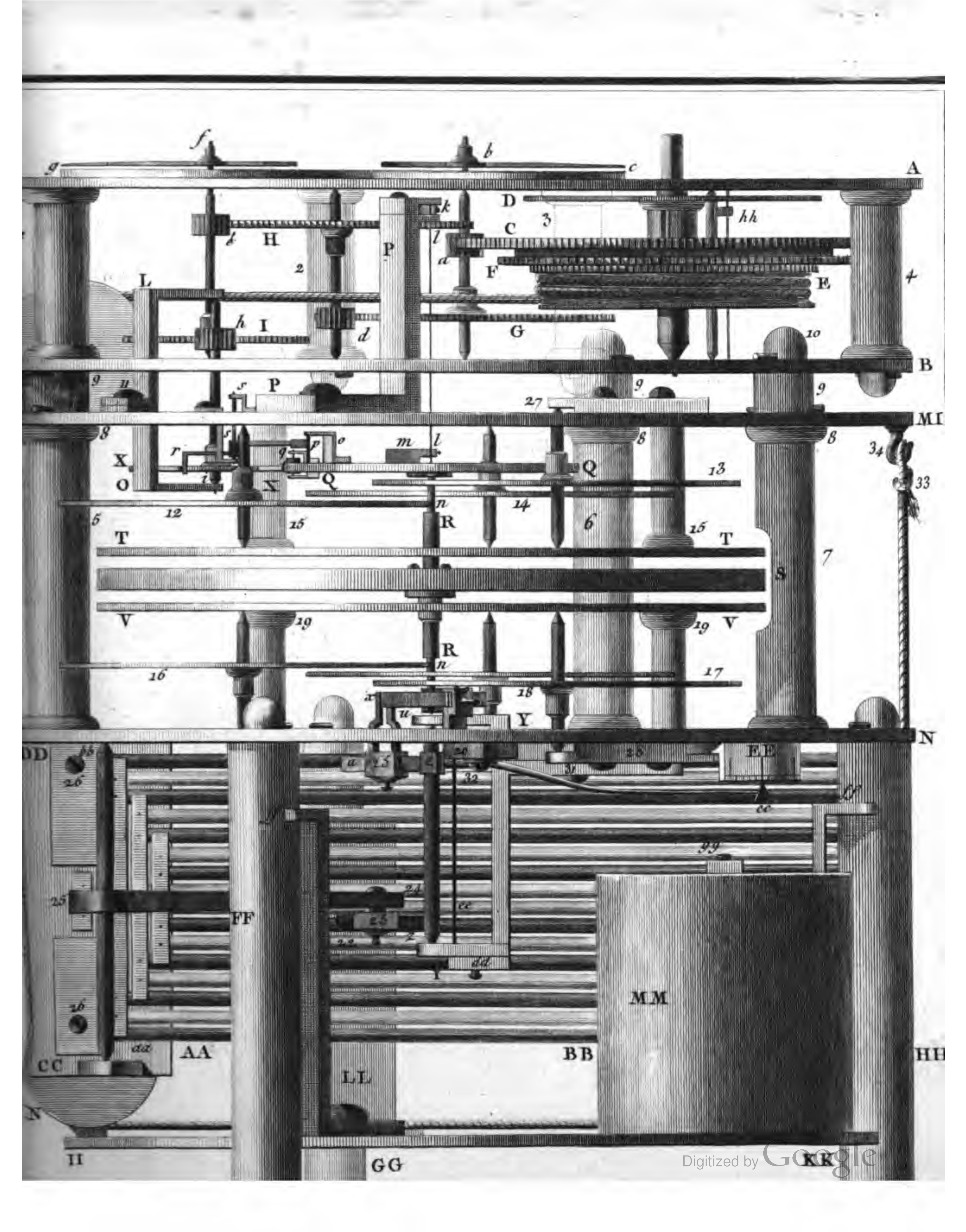
Page 1. *note* (a) au-dessus de notre ête : *lisez*, de notre tête.
Page 15. *l'avant derniere ligne*, l'observation étant étant : *lisez*, étant faite.
Page 26. *N°*. 63 *ligne* 3, on changera ensuite les signes : *ajoutez*, de la seconde partie de l'équation générale.
Table XVII. la 6*e ligne après* USAGE, on a 1f de degrés : *lisez*, de temps.
Page 72, *ligne* 28, marqué : *lisez* marquée.

APPROBATION.

J'AI lu, par ordre de Monseigneur le Garde des Sceaux, un Manuscrit qui a pour titre : *Les Longitudes par la mesure du Temps.* Cet Ouvrage destiné à expliquer l'usage des Horloges, que l'Auteur a inventées pour déterminer les Longitudes, ne peut être que très-utile ; & je ne vois, d'ailleurs, rien qui puisse en empêcher l'impression. A Paris, le 10 Novembre 1774.

BÉZOUT.

RECUEIL



f
b
g
c
A
D
k
3
hh
H
C
l
P
d
F
E
2
4
L
h
I
a
d
G
10
B
9
11
s
P
27
9
8
m
l
o
p
q
r
X
Q
O
t
34
33
13
14
12
5
n
R
15
6
7
T
S
V
19
16
17
18
x
u
Y
N
DD
bb
26
25
20
32
28
EE
ee
ff
gg
24
FF
23
22
z
dd
MM
AA
aa
BB
CC
HH
LL
II
GG
KK

RECUEIL
DES TABLES,

NÉCESSAIRES POUR TROUVER LA LONGITUDE EN MER

PAR LA MESURE DU TEMPS, &c.

A

TABLE I.

ÉQUATION du Temps, ou Table du nombre de Minutes, de Secondes & dixiemes de Seconde dont le Soleil avance ou retarde chaque jour sur le Midi moyen à l'instant du Midi vrai au Méridien de Paris.

POUR la premiere Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JANVIER. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	FÉVRIER. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	MARS. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	AVRIL. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	MAI. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	JUIN. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.
1	Le Sol. retarde. 4 21, 4	28,4	Le Sol. retarde. 14 8, 2	7,7	Le Sol. retarde. 12 33, 8	12,2	Le Sol. retarde. 3 47, 5	18,4	Le Sol. avance. 3 11, 3	7,7	Le Sol. avance. 2 35, 0	8,9
2	4 49, 4	28,0	14 15, 1	6,9	12 21, 1	12,7	3 29, 3	18,2	3 18, 5	7,2	2 25, 7	9,3
3	5 17, 0	27,6	14 21, 1	6,0	12 8, 0	13,1	3 [illegible], 2	18,1	3 25, 1	6,6	2 16, 1	9,6
4	5 44, 2	27,2	14 26, 2	5,1	11 54, 4	13,6	2 53, 3	17,9	3 31, 2	6,1	2 6, 2	9,9
5	6 10, 9	26,7	14 30, 5	4,3	11 40, 4	14,0	2 35, 5	17,8	3 36, 7	5,5	1 55, 9	10,3
6	6 37, 2	26,3	14 34, 1	3,6	11 26, 0	14,4	2 17, 9	17,6	3 41, 6	4,9	1 45, 2	10,7
7	R. 7 [illegible]	25,8	R.14 36, 9	2,8	R.11 11, 1	14,9	R. 2 0, 5	17,4	A. 3 46, 0	4,4	A. 1 34, [illegible]	11,0
8	R. 7 28, 5	25,3	R.14 38, [illegible]	2,0	R.10 55, 8	15,3	R. 1 43, 3	17,2	A. 3 49, 9	3,9	A. 1 22, [illegible]	11,3
9	R. 7 53, 0	24,7	R.14 40, 0	1,1	R.10 40, 2	15,6	R. 1 26, 4	16,9	A. 3 53, 1	3,2	A. 1 11, 4	11,5
10	R. 8 17, 1	24,1	R.14 40, 3	0,3	R.10 24, 2	16,0	R. 1 9, 8	16,6	A. 3 55, 7	2,6	A. 0 59, 6	11,8
11	R. 8 40, 6	23,5	R.14 39, 9	0,4	R.10 7, 9	16,3	R. 0 53, 5	16,3	A. 3 57, 8	2,1	A. 0 47, 7	11,9
12	R. 9 3, 6	23,0	R.14 38, 7	1,2	R. 9 5[illegible]	16,5	R. 0 37, 5	16,0	A. 3 59, 3	1,5	A. 0 35, 5	12,2
13	R. 9 25, 9	22,3	R.14 36, 8	1,9	R. 9 34, 6	16,8	R. 0 21, 7	15,8	A. 4 0, 3	1,0	A. 0 23, 2	12,3
14	R. 9 47, 5	21,6	R.14 34, 1	2,7	R. 9 17, 5	17,1	R. 0 6, 2	15,5	A. 4 0, 4	0,1	A. 0 10, 7	12,5
15	R.10 8, 5	21,0	R 14 30, 6	3,5	R. 9 0, 1	17,4	Avance 8, 8	15,0	A. 4 0, 4	0,0	Ret. 0 2, 0	12,7
16	R.10 28, 8	20,3	R.14 26, 5	4,1	R. 8 42, 4	17,7	A. 0 23, 5	14,7	A. 3 59, 6	0,8	R. 0 14, 7	12,7
17	R.10 48, 3	19,5	R.14 21, 7	4,8	R. 8 24, 6	17,8	A. 0 37, 8	14,3	A. 3 58, 3	1,3	R. 0 27, 5	12,8
18	R.11 7, 2	18,9	R.14 16, 2	5,5	R. 8 6, 7	17,9	A. 0 51, 7	13,9	A. 3 56, 3	2,0	R. 0 40, 5	13,0
19	R.11 25, 3	18,1	R.14 10, 0	6,2	R. 7 48, 6	18,1	A. 1 5, 2	13,5	A. 3 53, 8	2,5	R. 0 53, 5	13,0
20	R.11 42, 6	17,3	R.14 3, 1	6,9	R. 7 30, 3	18,3	A. 1 18, 3	13,1	A. 3 50, 8	3,0	R. 1 6, 4	12,9
21	R.11 59, 1	16,5	R.13 55, 5	7,6	R. 7 11, 9	18,4	A. 1 30, 9	12,6	A. 3 47, 2	3,6	R. 1 19, 3	12,9
22	R.12 14, 8	15,7	R.13 47, 3	8,2	R. 6 53, 4	18,5	A. 1 43, 1	12,2	A. 3 43, 2	4,0	R. 1 32, 2	12,9
23	R.12 29, 8	15,0	R.13 38, 6	8,7	R. 6 34, 8	18,6	A. 1 54, 9	11,8	A. 3 38, 6	4,6	R. 1 45, 1	12,9
24	R.12 44, 0	14,2	R.13 29, 2	9,4	R. 6 16, 2	18,6	A. 2 6, 2	11,3	A. 3 33, 4	5,2	R. 1 57, 9	12,8
25	R.12 57, 4	13,4	R.13 19, 2	10,0	R. 5 57, 6	18,6	A. 2 17, 1	10,9	A. 3 27, 7	5,7	R. 2 10, 6	12,7
26	R.13 10, 0	12,6	R.13 8, 7	10,5	R. 5 39, 0	18,6	A. 2 27, 4	10,3	A. 3 21, 5	6,2	R. 2 23, 1	12,5
27	R.13 21, 8	11,8	R.12 57, 6	11,1	R. 5 20, 3	18,7	A. 2 37, 2	9,8	A. 3 14, 9	6,6	R. 2 35, 6	12,5
28	R.13 32, 8	11,0	R.12 46, 0	11,6	R. 5 1, 6	18,7	A. 2 46, 5	9,3	A. 3 7, 8	7,1	R. 2 47, 9	12,3
29	R.13 42, 9	10,1			R. 4 43, 0	18,6	A. 2 55, 3	8,8	A. 3 0, 3	7,5	R. 3 0, 0	12,1
30	R.13 52, 1	9,2			R. 4 24, 4	18,6	A. 3 3, 6	8,3	A. 2 52, 3	8,0	R. 3 11, 8	11,8
31	R.14 0, 5	8,4			R. 4 5, 9	18,5			A. 2 43, 9	8,4		

Cette Table peut servir pour les Années 1777, 1781, 1785, 1789, 1793, 1797, &c.

TABLE I.

ÉQUATION du Temps, ou Table du nombre de Minutes, de Secondes & dixiemes de Seconde dont le Soleil avance ou retarde chaque jour sur le Midi moyen à l'instant du Midi vrai au Méridien de Paris.

POUR la premiere Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JUILLET. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	AOUST. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	SEPTEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	OCTOBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	NOVEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	DÉCEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.
1	Le Sol. retarde. 3 23,4	11,6	Le Sol. retarde. 5 51,3	3,4	Le Sol avance. 0 23,5	18,7	Le Sol. avance. 10 31 1	18,8	Le Sol. avance. 16 13,6	1,1	Le So. avance. 10 23,1	22,8
2	3 34,8	11,4	5 47,3	4,0	0 42,4	18,9	10 49,7	18,6	16 13,9	0,3	9 59,6	23,5
3	3 45,8	11,0	5 42,7	4,6	1 1,6	19,2	11 8,0	18,3	16 13,3	0,6	9 35,5	24,1
4	3 56,5	10,7	5 37,4	5,3	1 21,0	19,4	11 25,9	17,9	16 11,9	1,4	9 10,8	24,7
5	4 6,9	10,4	5 31,6	5,8	1 40,7	19,7	11 43,5	17,6	16 9,8	2,1	8 45,6	25,2
6	4 17,0	10,1	5 25,2	6,4	2 0,6	19,9	12 0,7	17,2	16 6,8	3,0	8 19,9	25,7
7	R. 4 26,8	9,8	R. 5 18,2	7,0	A. 2 20,7	20,1	A. 12 17,5	16,8	A. 16 2,9	3,9	A. 7 53,6	26,3
8	R. 4 36,1	9,3	R. 5 10,7	7,5	A. 2 40,9	20,2	A. 12 34,0	16,5	A. 15 58,2	4,7	A. 7 26,9	26,7
9	R. 4 45,1	9,0	R. 5 2,5	8,2	A. 3 1,3	20,4	A. 12 50,0	16,0	A. 15 52,6	5,6	A. 6 59,8	27,1
10	R. 4 53,6	8,5	R. 4 53.7	8,8	A. 3 21,9	20,6	A. 13 5,4	15,4	A. 15 46,2	6,4	A. 6 32,1	27,7
11	R. 5 1,7	8,1	R. 4 44,5	9,2	A. 3 42,6	20,7	A. 13 20,3	14,9	A. 15 39,0	7,2	A. 6 4,1	28,0
12	R. 5 9,4	7,7	R. 4 34,6	9,9	A. 4 3,4	20,8	A. 13 34,8	14,5	A. 15 30,9	8,1	A. 5 35,8	28,3
13	R. 5 16,7	7,3	R. 4 24,1	10,5	A. 4 24,2	20,8	A. 13 48,8	14,0	A. 15 22,0	8,9	A. 5 7,2	28,6
14	R. 5 23,4	6,7	R. 4 13,2	10,9	A. 4 45,1	20,9	A. 14 2,2	13,4	A. 15 12,2	9,8	A. 4 38,4	28,8
15	R. 5 29,6	6,2	R. 4 1,7	11,5	A. 5 6,1	21,0	A. 14 15,1	12,9	A. 15 1,6	10,6	A. 4 9,1	29,3
16	R. 5 35 3	5,7	R. 3 49,7	12,0	A. 5 27,1	21,0	A. 14 27,4	12,3	A. 14 50,1	11,5	A. 3 39,6	29,5
17	R. 5 40,6	5,3	R. 3 37,2	12,5	A. 5 48,1	21,0	A. 14 39,1	11,7	A. 14 37,8	12,3	A. 3 9,9	29,7
18	R. 5 45,3	4,7	R. 3 24,2	13,0	A. 6 9,1	21,0	A. 14 50,2	11,1	A. 14 24,6	13,2	A. 2 40,1	29,8
19	R. 5 49,5	4,2	R. 3 10,7	13,5	A. 6 30,1	21,0	A. 15 0,7	10,5	A. 14 10,7	13,9	A. 2 10,2	29,9
20	R. 5 53,1	3,6	R. 2 56,7	14,0	A. 6 51,0	20,9	A. 15 10,6	9,9	A. 13 55,9	14,8	A. 1 40,2	30,0
21	R. 5 56,1	3,0	R. 2 42,2	14,5	A. 7 11,8	20,8	A. 15 19,8	9,2	A. 13 40,3	15,6	A. 1 10,2	30,0
22	R. 5 58,6	2,5	R. 2 27,3	14,9	A. 7 32,5	20,7	A. 15 28,3	8,5	A. 13 23,9	16,4	A. 0 40,2	30,0
23	R. 6 0,6	2,0	R. 2 12,0	15,3	A. 7 53,0	20,5	A. 15 36,1	7,8	A. 13 6,8	17,1	A. 0 10,0	30,2
24	R. 6 1,9	1,3	R. 1 56,3	15,7	A. 8 13,5	20,5	A. 15 43,2	7,1	A. 12 48,9	17,9	Ret. 0 20,0	30,0
25	R. 6 2,6	0,7	R. 1 40,1	16,2	A. 8 33,8	20,3	A. 15 49,7	6,5	A. 12 30,2	18,7	R. 0 49,9	29,9
26	R. 6 2,8	0,2	R. 1 23,5	16,6	A. 8 54,0	20,2	A. 15 55,4	5,7	A. 12 10,7	19,5	R. 1 19,7	29,8
27	R. 6 2,4	0,4	R. 1 6,5	17,0	A. 9 13,9	19,9	A. 16 0,3	4,9	A. 11 50,5	20,2	R. 1 49,4	29,7
28	R. 6 1,3	1,1	R. 0 49,2	17,3	A. 9 33,6	19,7	A. 16 4,5	4,2	A. 11 29,6	20,9	R. 2 18,9	29,5
29	R. 5 59,7	1,6	R. 0 31,5	17,7	A. 9 53,1	19,5	A. 16 7,9	3,4	A. 11 8,1	21,5	R. 2 48,2	29,3
30	R. 5 57,5	2,2	R. 0 13,5	18,0	A. 10 12,3	19,2	A. 16 10,6	2,7	A. 10 45,9	22,2	R. 3 17,2	29,0
31	R. 5 54,7	2,8	Av. 0 4,8	18,3			A. 16 12,5	1,9			R. 3 45,9	28,7

Cette Table peut servir pour les Années 1777, 1781, 1785, 1789, 1793, 1797, &c.

TABLE II.

ÉQUATION du Temps, ou Table du nombre de Minutes, de Secondes & dixiemes de Seconde dont le Soleil avance ou retarde chaque jour ſur le Midi moyen à l'inſtant du Midi vrai au Méridien de Paris.

POUR la ſeconde Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JANVIER.		FÉVRIER.		MARS.		AVRIL.		MAI.		JUIN.	
	M. S. dix.	Var. du Sol en 24 heu. S. d.	M S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.
1	Le Sol. 4 14, 4	28,5	Le Sol. 14 6, 3	7,8	Le Sol. 12 36, 7	12,0	Le Sol. 3 52, 1	18,4	Le Sol. 3 9, 4	7,9	Le Sol. 2 37, 1	8,7
2	4 42, 5	28,1	14 13, 3	7,0	12 24, 2	12,5	3 33, 8	18,3	3 16, 7	7,3	2 27, 9	9,2
3	5 10, 2	27,7	14 19, 5	6,2	12 11, 2	13,0	3 15, 6	18,2	3 23, 5	6,8	2 18, 3	9,6
4	retarde. 5 37, 5	27,3	retarde. 14 24, 9	5,4	retarde. 11 57, 7	13,5	retarde. 2 57, 6	18,0	avance. 3 29, 7	6,2	avance. 2 8, 4	9,9
5	6 4, 3	26,8	14 29, 5	4,6	11 43, 7	14,0	2 39, 8	17,8	3 35, 3	5,6	1 58 2	10,2
6	6 30, 7	26,4	14 33, 2	3,7	11 29, 3	14,4	2 22, 1	17,7	3 40, 4	5,1	1 47, 6	10,6
7	R. 6 56, 6	25,9	R. 14 36, 2	3,0	R. 11 14, 5	14,8	R. 2 4, 7	17,4	A. 3 44, 9	4,5	A. 1 36, 8	10,8
8	R. 7 22, 0	25,4	R. 14 38, 3	2,1	R. 10 59, 4	15,1	R. 1 47, 5	17,2	A. 3 48, 9	4,0	A. 1 25, 6	11,2
9	R. 7 46, 9	24,9	R. 14 39, 6	1,3	R. 10 43, 9	15,5	R. 1 30, 5	17,0	A. 3 52, 3	3,4	A. 1 14, 1	11,5
10	R. 8 11, 2	24,3	R. 14 40, 2	0,6	R. 10 28, 1	15,8	R. 1 13, 8	16,7	A. 3 55, 1	2,8	A. 1 2, 3	11,8
11	R. 8 34, 9	23,7	R. 14 40, 0	0,2	R. 10 11, 9	16,2	R. 0 57, 4	16,4	A. 3 57, 3	2,2	A. 0 50, 4	11,9
12	R. 8 57, 9	23,0	R. 14 39, 0	1,0	R. 9 55, 4	16,5	R. 0 41, 3	16,1	A. 3 58, 9	1,6	A. 0 38, 4	12,0
13	R. 9 20, 3	22,4	R. 14 37, 2	1,8	R. 9 38, 6	16,8	R. 0 25, 5	15,8	A. 4 0, 0	1,1	A. 0 26, 1	12,3
14	R. 9 42, 2	21,9	R. 14 34, 7	2,5	R. 9 21, 6	17,0	R. 0 10, 0	15,5	A. 4 0, 5	0,5	A. 0 13, 6	12,5
15	R. 10 3, 4	21,2	R. 14 31, 5	3,2	R. 9 4, 3	17,3	Av. 0 5, 1	15,1	A. 4 0 4	0,1	A. 0 0, 9	12,7
16	R. 10 23, 8	20,4	R. 14 27, 5	4,0	R. 8 46, 7	17,6	A. 0 19, 9	14,8	A. 3 59, 9	0,5	Ret. 0 11, 8	12,7
17	R. 10 43, 5	19,7	R. 14 22, 8	4,7	R. 8 28, 9	17,8	A. 0 34, 3	14,4	A. 3 58, 6	1,3	R. 0 24, 6	12,8
18	R. 11 2, 5	19,0	R. 14 17, 4	5,4	R. 8 11, 0	17,9	A. 0 48, 3	14,0	A. 3 56, 7	1,9	R. 0 37, 5	12,9
19	R. 11 20, 8	18,3	R. 14 11, 4	6,0	R. 7 52, 9	18,1	A. 1 1, 9	13,6	A. 3 54, 4	2,3	R. 0 50, 4	12,9
20	R. 11 38, 3	17,5	R. 14 4, 7	6,7	R. 7 34, 7	18,2	A. 1 15, 1	13,2	A. 3 51, 5	2,9	R. 1 3, 4	13,0
21	R. 11 55, 0	16,7	R. 13 57, 3	7,4	R. 7 16, 4	18,3	A. 1 27, 9	12,8	A. 3 48, 1	3,4	R. 1 16, 3	12,9
22	R. 12 10, 9	15,9	R. 13 49, 3	8,0	R. 6 57, 9	18,5	A. 1 40, 2	12,3	A. 3 44, 1	4,0	R. 1 29, 2	12,9
23	R. 12 26, 1	15,2	R. 13 40, 7	8,6	R. 6 39, 3	18,6	A. 1 52, 1	11,9	A. 3 39, 6	4,5	R. 1 42, 1	12,9
24	R. 12 40, 5	14,4	R. 13 31, 4	9,3	R. 6 20, 7	18,6	A. 2 3, 5	11,4	A. 3 34, 6	5,0	R. 1 55, 0	12,9
25	R. 12 54, 1	13,6	R. 13 21, 5	9,9	R. 6 2, 1	18,6	A. 2 14, 4	10,9	A. 3 29, 0	5,6	R. 2 7, 8	12,8
26	R. 13 6, 9	12,8	R. 13 11, 1	10,4	R. 5 43, 4	18,7	A. 2 24, 9	10,5	A. 3 22, 9	6,1	R. 2 20, 3	12,5
27	R. 13 18 9	12,0	R. 13 0, 2	10,9	R. 5 24, 7	18,7	A. 2 34, 8	9,9	A. 3 16, 4	6,5	R. 2 32, 7	12,4
28	R. 13 30, 0	11,1	R. 12 48, 7	11,5	R. 5 6, 0	18,7	A. 2 44 2	9,4	A. 3 9, 4	7,0	R. 2 45, 1	12,4
29	R. 13 40, 3	10,3			R. 4 47, 4	18,6	A. 2 53, 1	8,9	A. 3 2, 0	7,4	R. 2 57, 2	12,1
30	R. 13 49, 8	9,5			R. 4 28, 9	18,5	A. 3 1, 5	8,4	A. 2 54, 1	7,9	R. 3 9, 1	11,9
31	R. 13 58, 5	8,7			R. 4 10, 5	18,4			A. 2 45, 8	8,3		

Cette Table peut ſervir pour les Années 1774, 1778, 1782, 1786, 1790, 1794, &c.

TABLE

TABLE II.

ÉQUATION du Temps, ou Table du nombre de Minutes, de Secondes & dixiemes de Seconde dont le Soleil avance ou retarde chaque jour sur le Midi moyen à l'instant du Midi vrai au Méridien de Paris.

POUR la deuxieme Année après la BISSEXTILE.

Jours	JUILLET. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	AOUST. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	SEPTEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	OCTOBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	NOVEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	DÉCEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.
1	Le Sol. retarde. 3 20, 7	11,6	Le Sol. retarde. 5 52, 3	3,3	Le Sol. avance. 0 18, 9	18,6	Le Sol. avance. 10 26, 6	19,0	Le Sol. avance. 16 13, 4	1,3	Le Sol. avance. 10 28, 8	22,7
2	3 32, 1	11,4	5 48, 4	3,9	0 37, 7	18,8	10 45, 3	18,7	16 14, 0	0 6	10 5, 5	23,3
3	3 43, 2	11,1	5 43, 9	4,5	0 56, 8	19,1	11 3, 6	18,3	16 13, 7	0,3	9 41, 5	24,0
4	3 54, 1	10,9	5 38, 8	5,1	1 16, 2	19,4	11 21, 6	18,0	16 12, 5	1,2	9 17, 0	24,5
5	4 4, 6	10,5	5 33, 1	5,7	1 35, 8	19,6	11 39, 3	17,7	16 10, 5	2,0	8 51, 9	25,1
6	4 14, 8	10,2	5 26, 9	6,2	1 55, 7	19,9	11 56, 6	17,3	16 7, 7	2,8	8 26, 3	25,6
7	R. 4 24, 6	9,8	R. 5 20, 1	6,8	A. 2 15, 8	20,1	A. 12 13, 5	16,9	A. 16 4, 0	3,7	A. 8 0, 1	26,2
8	R. 4 34, 0	9,4	R. 5 12, 7	7,4	A. 2 36, 0	20,2	A. 12 30, 0	16,5	A. 15 59, 5	4,5	A. 7 33, 5	26,6
9	R. 4 45, 0	9,0	R. 5 4, 6	8,1	A. 2 56, 4	20,4	A. 12 46, 1	16,1	A. 15 54, 2	5,3	A. 7 6, 5	27,0
10	R. 4 51, 7	8,7	R. 4 56, 0	8,6	A. 3 16, 9	20,5	A. 13 1, 7	15,6	A. 15 48, 0	6,2	A. 6 39, 0	27,5
11	R. 4 59, 9	8,2	R. 4 46, 8	9,2	A. 3 37, 5	20,6	A. 13 16, 8	15,1	A. 15 40, 9	7,1	A. 6 11, 1	27,9
12	R. 5 7, 7	7,8	R. 4 37, 1	9,7	A. 3 58, 2	20,7	A. 13 51, 4	14,6	A. 15 33, 0	7,9	A. 5 42, 9	28,2
13	R. 5 15, 0	7,3	R. 4 26, 8	10,3	A. 4 19, 1	20,9	A. 13 45, 5	14,1	A. 15 24, 3	8,7	A. 5 14, 3	28,6
14	R. 5 21, 9	6,9	R. 4 16, 0	10,8	A. 4 40, 1	21,0	A. 13 59, 1	13,6	A. 15 14, 7	9,6	A. 4 45, 4	28,9
15	R. 5 28, 3	6,4	R. 4 4, 7	11,3	A. 5 1, 1	21,0	A. 14 12, 1	13,0	A. 15 4, 3	10,4	A. 4 16, 3	29,1
16	R. 5 34, 1	5,8	R. 3 52, 8	11,9	A. 5 22, 1	21,0	A. 14 24, 5	12,4	A. 14 53, 1	11,2	A. 3 46, 9	29,4
17	R. 5 39, 5	5,4	R. 3 40, 4	12,4	A. 5 43, 1	21,0	A. 14 36, 3	11,8	A. 14 41, 0	12,1	A. 3 17, 3	29,6
18	R. 5 44, 3	4,8	R. 3 27, 6	12,8	A. 6 4, 1	21,0	A. 14 47, 6	11,3	A. 14 28, 0	13,0	A. 2 47, 6	29,7
19	R. 5 48, 6	4,3	R. 3 14, 2	13,4	A. 6 25, 0	20,9	A. 14 58, 3	10,7	A. 14 14, 2	13,8	A. 2 17, 7	29,9
20	R. 5 52, 3	3,7	R. 3 0, 3	13,9	A. 6 45, 9	20,9	A. 15 8, 3	10,0	A. 13 59, 6	14,6	A. 1 47, 7	30,0
21	R. 5 55, 5	3,2	R. 2 45, 9	14,4	A. 7 6, 8	20,9	A. 15 17, 6	9,3	A. 13 44, 2	15,4	A. 1 17, 7	30,0
22	R. 5 58, 2	2,7	R. 2 31, 1	14,8	A. 7 27, 5	20,7	A. 15 26, 3	8,7	A. 13 28, 0	16,2	A. 0 47, 6	30,1
23	R. 6 0, 3	2,1	R. 2 15, 9	15,2	A. 7 48, 1	20,6	A. 15 34, 3	8,0	A. 13 11, 1	16,9	A. 0 17, 5	30,1
24	R. 6 1, 7	1,4	R. 2 0, 2	15,7	A. 8 8, 7	20,6	A. 15 41, 6	7,3	A. 12 53, 4	17,7	Ret. 0 12, 5	30,0
25	R. 6 2, 6	0,9	R. 1 44, 1	16,1	A. 8 29, 0	20,3	A. 15 48, 2	6,6	A. 12 34, 9	18,5	R. 0 42, 5	30,0
26	R. 6 2, 9	0,3	R. 1 27, 7	16,4	A. 8 49, 1	20,1	A. 15 54, 1	5,9	A. 12 15, 6	19,3	R. 1 12, 4	29,9
27	R. 6 2, 7	0,2	R. 1 10, 8	16,9	A. 9 9, 1	20,0	A. 15 59, 3	5,2	A. 11 55, 6	20,0	R. 1 42, 1	29,7
28	R. 6 1, 8	0,9	R. 0 53, 6	17,2	A. 9 28, 9	19,8	A. 16 3, 7	4,4	A. 11 35, 0	20,6	R. 2 11, 7	29,6
29	R. 6 0, 5	1,3	R. 0 36, 0	17,6	A. 9 48, 4	19,5	A. 16 7, 3	3,6	A. 11 13, 6	21,4	R. 2 41, 0	29,3
30	R. 5 58, 2	2,3	R. 0 18, 0	18,0	A. 10 7, 6	19,2	A. 16 10, 1	2,8	A. 10 51, 5	22,1	R. 3 10, 1	29,1
31	R. 5 55, 6	2,6	Av. 0 0, 3	18,3			A. 16 12, 1	2,0			R. 3 38, 9	28,8

Cette Table peut servir pour les Années 1774, 1778, 1782, 1786, 1790, 1794, &c.

TABLE III.

ÉQUATION du Temps, ou Table du nombre de Minutes, de Secondes & dixiemes de Seconde dont le Soleil avance ou retarde chaque jour sur le Midi moyen à l'instant du Midi vrai au Méridien de Paris.

POUR la troisieme Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JANVIER. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	FÉVRIER. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	MARS. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	AVRIL. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	MAI. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	JUIN. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.
1	Le Sol. retarde. 4 7 4	28,5	Le Sol. retarde. 14 4, 4	8,0	Le Sol. retarde. 12 39, 7	11,8	Le Sol. retarde. 3 56, 5	18,4	Le Sol. avance. 3 7, 5	8,0	Le Sol. avance. 2 39, 1	8,6
2	4 35, 5	28,1	14 11, 6	7,2	12 27, 3	12,4	3 38, 2	18,3	3 14, 9	7,4	2 30, 0	9,1
3	5 3, 3	27,8	14 18, 0	6,4	12 14, 3	13,0	3 20, 0	18,2	3 21, 8	6,9	2 20, 5	9,5
4	5 30, 7	27,4	14 23, 5	5,5	12 0, 9	13,4	3 1, 9	18,1	3 28, 2	6,4	2 10, 7	9,8
5	5 57, 7	27,0	14 28, 3	4,8	11 47, 1	13,8	2 44, 1	17,8	3 34, 0	5,8	2 0, 6	10,1
6	6 24, 2	26,5	14 32, 3	4,0	11 32, 9	14,2	2 26, 5	17,6	3 39, 2	5,2	1 50, 1	10,5
7	R. 6 50, 2	26,0	R. 14 35, 4	3,1	R. 11 18, 2	14,7	R. 2 9, 1	17,4	A. 3 43, 8	4,6	A. 1 39, 3	10,8
8	R. 7 15, 7	25,5	R. 14 37, 7	2,3	R. 11 3, 1	15,1	R. 1 51, 7	17,4	A. 3 47, 9	4,1	A. 1 28, 2	11,1
9	R. 7 40, 7	25,0	R. 14 39, 2	1,5	R. 10 47, 6	15,5	R. 1 34, 7	17,0	A. 3 51, 4	3,5	A. 1 16, 8	11,4
10	R. 8 5, 2	24,5	R. 14 40, 0	0,8	R. 10 31, 8	15,8	R. 1 17, 9	16,8	A. 3 54, 3	2,9	A. 1 5, 1	11,7
11	R. 8 29, 1	23,9	R. 14 40, 0	0,0	R. 10 15, 7	16,1	R. 1 1, 4	16,5	A. 3 56, 7	2,4	A. 0 53, 2	11,9
12	R. 8 52, 3	23,2	R. 14 39, 2	0,8	R. 9 59, 3	16,4	R. 0 45, 2	16,2	A. 3 58 5	1,8	A. 0 41, 1	12,1
13	R. 9 14, 9	22,6	R. 14 37, 6	1,6	R. 9 42, 6	16,7	R. 0 20, 3	5,9	A. 3 59, 7	1,2	A. 0 28, 9	12,2
14	R. 9 36, 8	21,9	R. 14 35, 3	2,3	R. 9 25, 7	16,9	R. 0 13, 8	15,5	A. 4 0, 3	0,6	A. 0 16, 4	12,5
15	R. 9 58, 1	21,3	R. 14 32, 3	3,0	R. 9 8, 4	17,3	Av. 0 1, 4	15,2	A. 4 0, 4	0,1	A. 0 3, 8	12,6
16	R. 10 18, 7	20,6	R. 14 28, 5	3,8	R. 8 50, 9	17,5	A. 0 16, 3	14,9	A. 3 59, 9	0,5	Ret. 0 8, 9	12,7
17	R. 10 38, 6	19,9	R. 14 24, 0	4,5	R. 8 33, 2	17,7	A. 0 30, 8	14,5	A. 3 58, 8	1,1	R. 0 21, 7	12,8
18	R. 10 57, 8	19,2	R. 14 18, 8	5,2	R. 8 15, 3	17,9	A. 0 44, 9	14,1	A. 3 57, 1	1,7	R. 0 34, 6	12,9
19	R. 11 16, 2	18,4	R. 14 12, 9	5,9	R. 7 57, 3	18,0	A. 0 58, 6	13,7	A. 3 54, 9	2,2	R. 0 47, 5	12,9
20	R. 11 33, 9	17,7	R. 14 6, 3	6,6	R. 7 39, 1	18,2	A. 1 11, 9	13,3	A. 3 52, 2	2,7	R. 1 0, 4	12,9
21	R. 11 50, 9	17,0	R. 13 59, 1	7,2	R. 7 20, 8	18,3	A. 1 24, 8	12,9	A. 3 48, 9	3,3	R. 1 13, 3	12,9
22	R. 12 7, 1	16,2	R. 13 51, 2	7,9	R. 7 2, 4	18,4	A. 1 37, 2	12,4	A. 3 45, 0	3,9	R. 1 26, 3	13,0
23	R. 12 22, 4	15,3	R. 13 42, 7	8,5	R. 6 43, 9	18,5	A. 1 49, 2	12,0	A. 3 40, 6	4,4	R. 1 39, 2	12,9
24	R. 12 37, 0	14,6	R. 13 33, 6	9,1	R. 6 25, 3	18,6	A. 2 0, 7	11,5	A. 3 35, 7	4,9	R. 1 52, 1	12,9
25	R. 12 50, 8	13,8	R. 13 23, 9	9,7	R. 6 6, 6	18,7	A. 2 11, 7	11,0	A. 3 30, 3	5,4	R. 2 4, 8	12,7
26	R. 13 3, 8	13,0	R. 13 13, 6	10,3	R. 5 47, 9	18,7	A. 2 22, 2	10,5	A. 3 24, 4	5,9	R. 2 17, 4	12,6
27	R. 13 15, 9	12,1	R. 13 2, 8	10,8	R. 5 29, 2	18,7	A. 2 32, 3	10,1	A. 3 18, 0	6,4	R. 2 29, 9	12,5
28	R. 13 27, 3	11,4	R. 13 51, 5	11,3	R. 5 10, 6	18,6	A. 2 41, 9	9,6	A. 3 11 1	6,9	R. 2 42, 3	12,4
29	R. 13 37, 8	10,5			R. 4 52, 0	18,6	A. 2 50, 9	9,0	A. 3 3, 7	7,4	R. 2 54, 4	12,1
30	R. 13 47, 5	9,7			R. 4 33, 4	18,6	A. 2 59, 5	8,6	A. 2 55, 9	7,8	R. 3 6, 3	11,9
31	R. 13 56, 4	8,9			R. 4 14, 9	18,5			A. 2 47, 7	8,2		

Cette Table peut servir pour les Années 1775, 1779, 1783, 1787, 1791, 1795, &c.

TABLE III.

ÉQUATION du Temps, ou Table du nombre de Minutes, de Secondes & dixiemes de Seconde dont le Soleil avance ou retarde chaque jour sur le Midi moyen à l'instant du Midi vrai au Méridien de Paris.

POUR la troisieme Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JUILLET. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	AOUST. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	SEPTEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	OCTOBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	NOVEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	DÉCEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.
1	Le Sol. retarde. 3 18, 0	11,7	Le Sol. retarde. 5 53, 3	3,2	Le Sol. avance. 0 14, 3	18,4	Le Sol. avance. 10 22, 0	19,1	Le Sol. avance. 16 13, 4	1,5	Le Sol. avance. 10 34, 5	22,6
2	3 29, 4	11,4	5 49, 5	3,8	0 33, 0	18,7	10 40, 8	18,8	16 14, 1	0,7	10 11, 3	23,2
3	3 40, 6	11,2	5 45,2	4,3	0 52, 1	19,1	10 59, 2	18,4	16 13, 9	0,2	9 47, 6	23,7
4	3 51, 6	11,0	5 40, 2	5,0	1 11, 4	19,3	11 17, 3	18,1	16 12, 9	1,0	9 23, 2	24,4
5	4 2, 2	10,6	5 34, 7	5,5	1 31, 0	19,6	11 35, 1	17,8	16 11, 2	1,7	8 58, 2	25,0
6	4 12, 5	10,3	5 28, 6	6,1	1 50, 8	19,8	11 52, 5	17,4	16 8, 6	2,6	8 32, 7	25,5
7	R. 4 22, 5	10,0	R. 5 21, 9	6,7	A. 2 10, 8	20,0	A.12 9, 5	17,0	A.16 5, 1	3,5	A. 8 6, 7	26,0
8	R. 4 32, 0	9,5	R. 5 14, 6	7,3	A. 2 31, 0	20,2	A.12 26, 1	16,6	A.16 0, 7	4,4	A. 7 40, 2	26,5
9	R. 4 41, 1	9,1	R. 5 6, 7	7,9	A. 2 51, 3	20,3	A.12 42, 2	16,1	A.15 55, 6	5,1	A. 7 13, 3	26,9
10	R. 4 49, 8	8,7	R. 4 58, 2	8,5	A. 3 11, 8	20,5	A.12 57, 9	15,7	A.15 49, 6	6,0	A. 6 45, 9	27,4
11	R. 4 58, 1	8,3	R. 4 49, 1	9,1	A. 3 32, 4	20,6	A.13 13, 2	15,3	A.15 42, 8	6,8	A. 6 18, 1	27,8
12	R. 5 6, 0	7,9	R. 4 39, 5	9,6	A. 3 53. 2	20,8	A.13 28, 0	14,8	A.15 35, 1	7,7	A. 5 49, 9	28,2
13	R. 5 13, 4	7,4	R. 4 29, 4	10,1	A. 4 14, 1	20,9	A.13 42, 2	14,2	A.15 26, 6	8,5	A. 5 21, 4	28,5
14	R. 5 20, 3	6,9	R. 4 18, 8	10,6	A. 4 35, 0	20,9	A.13 55, 8	13,6	A.15 17, 3	9,3	A. 4 52, 6	28,8
15	R. 5 26, 8	6,5	R. 4 7, 6	11,2	A. 4 55, 9	20,9	A.14 8, 9	13,1	A.15 7, 1	10,2	A. 4 23, 5	29,1
16	R. 5 32, 9	6,1	R. 3 55, 8	11,8	A. 5 16, 9	21,0	A.14 21, 5	12,6	A.14 56, 0	11,1	A. 3 54, 2	29,3
17	R. 5 38, 4	5,5	R. 3 43, 5	12,3	A. 5 37, 9	21,0	A.14 33, 6	12,1	A.14 44, 1	11,9	A. 3 24, 6	29,6
18	R. 5 43, 3	4,9	R. 3 30, 8	12,7	A. 5 58, 9	21,0	A.14 45, 0	11,4	A.14 31, 3	12,8	A. 2 54, 9	29,7
19	R. 5 47, 7	4,4	R. 3 17, 5	13,3	A. 6 19, 9	21,0	A.14 55, 8	10,8	A.14 17, 7	13,6	A. 2 25, 1	29,8
20	R. 5 51, 6	3,9	R. 3 3, 7	13,8	A. 6 40, 8	20,9	A.15 6, 0	10,2	A.14 3, 3	14,4	A. 1 55, 1	30,0
21	R. 5 54, 9	3,3	R. 2 49, 5	14,2	A. 7 1, 6	20,8	A.15 15, 5	9,5	A.13 48, 2	15,1	A. 1 25, 1	30,0
22	R. 5 57, 7	2,8	R. 2 34, 8	14,7	A. 7 22, 4	20,8	A.15 24, 3	8,8	A.13 32, 2	16,0	A. 0 55, 1	30,0
23	R. 5 59, 9	2,2	R. 2 19, 7	15,1	A. 7 43, 1	20,7	A.15 32, 4	8,1	A.13 15, 4	16,8	A. 0 25, 0	30,1
24	R. 6 1, 5	1,6	R. 2 4, 1	15,6	A. 8 3, 6	20,5	A.15 39, 9	7,5	A.12 57, 9	17,5	Ret.0 5, 1	30,1
25	R. 6 2, 6	1,1	R. 1 48, 1	16,0	A. 8 24, 1	20,5	A.15 46, 8	6,9	A.12 39, 6	18,3	R. 0 35, 1	30,0
26	R. 6 3, 1	0,5	R. 1 31, 8	16,3	A. 8 44, 3	20,2	A.15 52, 9	6,1	A.12 20, 5	19,1	R. 1 5, 0	29,9
27	R. 6 2, 9	0,2	R. 1 15, 0	16,8	A. 9 4, 2	19,9	A.15 58, 2	5,3	A.12 0, 7	19,8	R. 1 34, 7	29,7
28	R. 6 2, 2	0,7	R. 0 57, 8	17,2	A. 9 24, 0	19,8	A.16 2, 7	4,5	A.11 40, 1	20,6	R. 2 4, 3	29,6
29	R. 6 0, 9	1,3	R. 0 40, 2	17,6	A. 9 43, 6	19,6	A.16 6, 5	3,8	A.11 18, 9	21,2	R. 2 33, 7	29,4
30	R. 5 59, 0	1,9	R. 0 22, 3	17,9	A.10 2, 9	19,3	A.16 9, 6	3,1	A.10 57, 1	21,8	R. 3 2, 8	29,1
31	R. 5 56, 5	2,5	R. 0 4, 1	18,2			A.16 11, 9	2,3			R. 3 31, 7	28,9

Cette Table peut servir pour les Années 1775, 1779, 1783, 1787, 1791, 1795, &c.

TABLE IV.

EQUATION du Temps, ou Table du nombre de Minutes, de Secondes & dixiemes de Seconde dont le Soleil avance ou retarde chaque jour ſur le Midi moyen à l'inſtant du Midi vrai au Méridien de Paris.

ANNÉE BISSEXTILE.

Jours.	JANVIER. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	FÉVRIER. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	MARS. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.
1	Le Sol. retarde. 4 0, 3	28,6	Le Sol. retarde. 14 2,3	8,2	Le Sol. retarde. 12 30, 1	12,3
2	4 28, 6	28,3	14 9, 8	7,5	12 17, 3	12,8
3	4 56, 5	27,9	14 16, 4	6,6	12 4, 1	13,2
4	5 24, 0	27,5	14 22, 2	5,8	11 50, 5	13,6
5	5 51, 0	27,0	14 27, 1	4,9	11 36, 4	14,1
6	6 17, 6	26,6	14 31, 2	4,1	11 21, 8	14 6
7	R. 6 43, 8	26,2	R. 14 34, 6	3,4	R. 11 6, 8	15,0
8	R. 7 9, 5	25,7	R. 14 37, 2	2,6	R. 10 51, 4	15,4
9	R. 7 34, 6	25,1	R. 14 38, 9	1,7	R. 10 35 7	15,7
10	R. 7 59, 1	24,5	R. 14 39, 8	0,9	R. 10 19, 7	16,0
11	R. 8 23, 1	24,0	R. 14 39, 9	0,1	R. 10 3, 4	16,3
12	R. 8 46, 5	23,4	R. 14 39, 4	0,5	R. 9 46, 8	16,6
13	R. 9 9, 3	22,8	R. 14 38, 1	1,3	R. 9 29, 9	16,9
14	R. 9 31, 4	22,1	R. 14 35, 9	2,2	R. 9 12, 6	17,3
15	R. 9 52, 9	21,5	R. 14 33, 0	2,9	R. 8 55, 1	17,5
16	R. 10 13, 7	20,8	R. 14 29, 4	3,6	R. 8 37, 5	17,6
17	R. 10 33, 7	20,0	R. 14 25, 1	4,3	R. 8 19, 7	17,8
18	R. 10 53, 1	19,4	R. 44 20, 0	5,1	R. 8 1, 7	18 0
19	R. 11 11, 7	18,6	R. 14 14, 3	5,7	R. 7 43, 5	18,2
20	R. 11 29, 6	17,9	R. 14 7, 9	6,4	R. 7 25, 2	18,3
21	R. 11 46, 7	17,1	R. 14 0, 8	7,1	R. 7 6, 8	18,4
22	R. 12 3, 0	16,3	R. 13 53, 1	7,7	R. 6 48, 4	18,4
23	R. 12 18, 6	15,6	R. 13 44, 8	8,3	R. 6 29, 8	18,6
24	R. 12 33, 4	14,8	R. 13 35, 9	8,9	R. 6 11, 1	18,7
25	R. 12 47, 4	14,0	R. 13 26, 3	9,6	R. 5 52, 4	18,7
26	R. 13 0, 6	13,2	R. 13 16, 2	10,1	R. 5 33, 7	18,7
27	R. 13 12, 9	12,3	R. 13 5, 5	10,7	R. 5 15, 1	18,6
28	R. 13 24, 5	11,6	R. 12 54, 2	11,3	R. 4 56, 5	18,6
29	R. 13 35, 2	10,7	R. 12 42, 4	11,8	R. 4 37, 9	18,6
30	R. 13 45, 1	9,9			R. 4 19, 4	18,5
31	R. 13 54, 1	9,0			R. 4 1, 0	18,4

Jours.	AVRIL. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	MAI. M. S dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	JUIN. M. S dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.
1	Le Sol. retarde. 3 42, 6	18,4	Le Sol. avance. 3 13, 1	7,6	Le Sol. avance. 2 32, 1	9,0
2	3 24, 4	18,2	3 20, 1	7,0	2 22, 8	9,3
3	3 6, 3	18,1	3 26, 6	6,5	2 13, 1	9,7
4	2 48, 4	17,9	3 32, 5	5,9	2 2, 9	10,2
5	2 30, 7	17,7	3 37, 8	5,3	1 52, 4	10,5
6	2 13, 2	17,5	3 42, 6	4,8	1 41, 7	10,7
7	R. 1 55, 9	17,3	A. 3 46, 9	4,3	A. 1 30, 7	11,0
8	R. 1 38, 8	17,1	A. 3 50, 6	3,7	A. 1 19, 4	11,3
9	R. 1 22, 0	16,8	A. 3 53, 7	3,1	A. 1 7, 8	11,6
10	R. 1 5, 4	16,6	A. 3 56, 1	2,4	A. 0 55, 9	11,9
11	R. 0 49, 1	16,3	A. 3 57, 9	1,8	A. 0 43, 9	12,0
12	R. 0 33, 2	15,9	A. 3 59, 3	1,4	A. 0 31, 7	12,2
13	R. 0 17, 6	15,6	A. 4 0, 1	0,8	A. 0 19, 3	12,4
14	R. 0 2, 3	15,3	A. 4 0, 3	0,2	A. 0 6, 8	12,5
15	Av. 0 12, 6	14,9	A. 3 59, 9	0,4	Ret. 0 5, 9	12,7
16	A. 0 27, 2	14,6	A. 3 58, 9	1,0	R. 0 18, 6	12,7
17	A. 0 41, 4	14,2	A. 3 57, 4	1,5	R. 0 31, 5	12,9
18	A. 0 55, 3	13,9	A. 3 55, 4	2,0	R. 0 44, 5	13,0
19	A. 1 8, 7	13,4	A. 3 52, 8	2,6	R. 0 57, 5	13,0
20	A. 1 21, 7	13,0	A. 3 49, 6	3,2	R. 1 10, 4	12,9
21	A. 1 34, 2	12,5	A. 3 45, 9	3,7	R. 1 23, 3	12,9
22	A. 1 46, 3	12,1	A. 3 41, 6	4,3	R. 1 36, 2	12,9
23	A. 1 58, 0	11,7	A. 3 36, 8	4,8	R. 1 49, 0	12,8
24	A. 2 9, 1	11,1	A. 3 31, 5	5,3	R. 2 1, 8	12,8
25	A. 2 19, 7	10,6	A. 3 25, 7	5,8	R. 2 14, 5	12,7
26	A. 2 29, 9	10,2	A. 3 19, 4	6,3	R 2 27, 0	12,5
27	A. 2 39, 6	9,7	A. 3 12, 6	6,8	R. 2 39, 4	12,4
28	A. 2 48, 8	9,2	A. 3 5, 4	7,2	R. 2 51, 6	12,2
29	A. 2 57, 4	8,6	A. 2 57. 8	7,6	R. 3 3, 6	12,0
30	A. 3 5, 5	8,1	A. 2 49, 7	8,1	R. 3 15, 4	11,8
31			A. 2 41, 1	8,6		

Cette Table peut ſervir pour les Années 1776, 1780, 1784, 1788, 1792, 1796, &c.

TABLE

TABLE IV.

Equation du Temps, ou Table du nombre de Minutes, de Secondes, & dixiemes de Seconde dont le Soleil avance ou retarde chaque jour sur le Midi moyen, à l'inſtant du Midi vrai au Méridien de Paris.

ANNÉE BISSEXTILE.

Jours.	JUILLET. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	AOUST. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	SEPTEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	OCTOBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	NOVEMBRE. M. S. dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.	DÉCEMBRE. M. S dix.	Var. du Sol. en 24 heu. S. d.
1	Le Sol. 3 26, 9	11,5	Le Sol. 5 50, 6	3,6	Le Sol. 0 28, 4	18 7	Le Sol. 10 36, 2	18,8	Le Sol. 16 14, 0	0,9	Le Sol. 10 17, 2	22,9
2	3 38, 2	11,3	5 46, 4	4,2	0 47, 4	19,0	10 54, 7	18,5	16 14, 0	0,0	9 53, 6	23,6
3	3 49, 2	11,0	5 41, 7	4,7	1 6, 7	19,3	11 12, 9	18,2	16 13, 3	0,7	9 29, 3	24,3
4	retarde. 3 59, 9	10,7	retarde. 5 36, 3	5,4	avance. 1 26, 2	19,5	avance. 11 30, 8	17,9	avance. 16 11, 7	1,6	avance. 9 4, 4	24,9
5	4 10, 2	10,3	5 30, 2	6,1	1 45, 9	19,7	11 48, 3	17,5	16 9, 3	2,4	8 39, 0	25,4
6	4 20, 2	10,0	5 23, 6	6,6	2 5, 9	20,0	12 5, 4	17,1	16 6, 1	3,2	8 13, 2	25,8
7	R. 4 29, 8	9,6	R. 5 16, 5	7,1	A. 2 26, 1	20,2	A. 12 22, 1	16,7	A. 16 2, 0	4,1	A. 7 46, 9	26,3
8	R. 4 39, 0	9,2	R. 5 8, 8	7,7	A. 2 46, 4	20,3	A. 12 38, 4	16,3	A. 15 57, 1	4,9	A. 7 20, 1	26,8
9	R. 4 47, 9	8,9	R. 5 0, 5	8,3	A. 3 6, 8	20,4	A. 12 54, 2	15,8	A. 15 51, 3	5,8	A. 6 52, 7	27,4
10	R. 4 56, 3	8,4	R. 4 51, 6	8,9	A. 3 27, 4	20,6	A. 13 9, 5	15,3	A. 15 44, 6	6,7	A. 6 25, 0	27,7
11	R. 5 4, 3	8,0	R. 4 42, 2	9,4	A. 3 48, 2	20,8	A. 13 24, 4	14,9	A. 15 37, 2	7,4	A. 5 57, 0	28,0
12	R. 5 11, 8	7,5	R. 4 32, 2	10,0	A. 4 9, 0	20,8	A. 13 38, 8	14,4	A. 15 28, 9	8,3	A. 5 28, 6	28,4
13	R. 5 18, 9	7,1	R. 4 21, 6	10,6	A. 4 29, 9	20,[illegible]	A. 13 52, 0	13.8	A. 15 19, 7	9,2	A. 4 59, 8	28,8
14	R. 5 25, 5	6,6	R. 4 10, 5	11,1	A. 4 50, 8	20,9	A. 14 5, 9	13,3	A. 15 9, 6	10,1	A. 4 30, 7	29,1
15	R. 5 31, 6	6,1	R. 3 58, 8	11,7	A. 5 11, 8	21,0	A. 14 18, 7	12,8	A. 14 58, 8	10,8	A. 4 1, 4	29,3
16	R. 5 37, 2	5,6	R. 3 46, 6	12,2	A. 5 32, 8	21,0	A. 14 30, 9	12,2	A. 14 47, 1	11,7	A. 3 31, 9	29,5
17	R. 5 42, 3	5,1	R. 3 34, 0	12,6	A. 5 53, 8	21,0	A. 14 42, 4	11,5	A. 14 34, 6	12,5	A. 3 2, 3	29,6
18	R. 5 46, 8	4,5	R. 3 20, 9	13,1	A. 6 14, 8	21,0	A. 14 53, 3	10,9	A. 14 21, 3	13,3	A. 2 32, 5	29,8
19	R. 5 50, 8	4,0	R. 3 7, 3	13,6	A. 6 35, 8	21,0	A. 15 3, 6	10,3	A. 14 7, 1	14,2	A. 2 2, 5	30,0
20	R. 5 54, 3	3,5	R. 2 53 1	14,2	A. 6 56, 6	20,8	A. 15 13 3	9,7	A. 13 52, 1	15,0	A. 1 32, 5	30,0
21	R. 5 57, 2	2,9	R. 2 38, 5	14,6	A. 7 17, 4	20,8	A. 15 22, 3	9,0	A. 13 36, 3	15,8	A. 1 2, 5	30,0
22	R. 5 59, 5	2,3	R. 2 23, 5	15,0	A. 7 38, 1	20,7	A. 15 30, 6	8,3	A. 13 19, 7	16,6	A. 0 32, 4	30,1
23	R. 6 1, 3	1,8	R. 2 8, 1	15,4	A. 7 58, 7	20,6	A. 15 38, 3	7,7	A. 13 2, 3	17,4	A. 0 2, 3	30 1
24	R. 6 2, 5	1,2	R. 1 52, 2	15,9	A. 8 19, 1	20,4	A. 15 45, 3	7,0	A. 12 44, 1	18,2	Ret. 0 27, 7	30,0
25	R. 6 3, 1	0,6	R. 1 35, 9	16,3	A. 8 39, 3	20,2	A. 15 51, 5	6,2	A. 12 25 2	18,9	R. 0 57, 6	29,9
26	R. 6 3, 1	0,0	R. 1 19, 2	16,7	A. 8 59, 4	20,1	A. 15 57, 0	5 5	A. 12 5, 7	19,5	R. 1 27, 4	29,8
27	R. 6 2, 5	0,6	R. 1 2, 1	17,1	A. 9 19, 3	19,9	A. 16 1, 8	4,8	A. 11 45, 4	20,3	R. 1 57, 1	29,7
28	R. 6 1, 3	1,2	R. 0 44, 6	17 5	A. 9 38, 9	19,6	A. 16 5, 8	4,0	A. 11 24, 3	21,1	R. 2 26, 5	29,4
29	R. 5 59, 6	1,7	R. 0 26, 8	17,8	A. 9 58, 3	19,4	A. 16 9, 0	3,2	A. 11 2, 5	21,8	R. 2 55, 7	29,2
30	R. 5 57, 2	2,4	R. 0 8, 7	18,1	A. 10 17, 4	19,1	A. 16 11, 4	2,4	A. 10 40, 1	22,4	R. 3 24, 6	28,9
31	R. 5 54, 2	3,0	Av. 0 9, 7	18,4			A. 16 13, 1	1,7			R. 3 53, 3	28,7

Cette Table peut ſervir pour les Années 1776, 1780, 1784, 1788, 1792, 1796, &c.

TABLE V.

Déclinaison du Soleil au moment de Midi au Méridien de Paris.

Pour la premiere Année après la Bissextile.

	Janvier.		Février.		Mars.		Avril.		Mai.		Juin.	
	Déclinaison Australe.	Chang. de déc. en 24 h.	Déclinaison Australe.	Chang. de déc. en 24 h.	Déclinaison Australe.	Chang. de déc. en 24 h.	Déclinaison Boréale.	Chang. de déc. en 24 h.	Déclinaison Boréale.	Chang. de déc. en 24 h.	Déclinaison Boréale.	Chang. de déc. en 24 h.
	D. M. S.	M. S.	D. M. S.	M. S.	D. M. S.	M. S.	D. M. S.	M. S.	D. M. S.	M. S.	D. M. S.	M. S.
1	22 57 44	4 54	16 54 6	17 9	7 19 22	22 48	4 47 36	23 7	15 15 59	18 7	22 8 55	8 9
2	22 52 13	5 31	16 36 39	17 27	6 56 27	22 55	5 10 38	23 2	15 33 51	17 52	22 16 40	7 45
3	22 46 14	5 59	16 18 55	17 44	6 33 27	23 0	5 33 35	22 57	15 51 28	17 37	22 24 2	7 22
4	22 39 47	6 27	16 0 54	18 1	6 10 22	23 5	5 56 25	22 50	16 8 49	17 21	22 31 1	6 59
5	22 32 54	6 53	15 42 37	18 17	5 47 12	23 10	6 19 9	22 44	16 25 54	17 5	22 37 36	6 35
6	22 25 35	7 19	15 24 3	18 34	5 23 57	23 15	6 41 46	22 37	16 42 42	16 48	22 43 47	6 11
7	22 17 49	7 46	15 5 14	18 49	5 0 37	23 20	7 4 16	22 30	16 59 15	16 33	22 49 35	5 48
8	22 9 37	8 12	14 46 10	19 4	4 37 13	23 24	7 26 40	22 24	17 15 30	16 15	22 54 58	5 23
9	22 0 56	8 41	14 26 52	19 18	4 13 46	23 27	7 48 57	22 17	17 31 28	15 58	22 59 57	4 59
10	21 51 52	9 4	14 7 18	19 34	3 50 16	23 30	8 11 5	22 8	17 47 8	15 40	23 4 32	4 35
11	21 42 22	9 30	13 47 30	19 48	3 26 43	23 33	8 33 5	22 0	18 2 31	15 23	23 8 43	4 11
12	21 32 27	9 55	13 27 29	20 1	3 3 8	23 35	8 54 57	21 52	18 17 35	15 4	23 12 29	3 46
13	21 22 7	10 20	13 7 15	20 14	2 39 30	23 38	9 16 40	21 43	18 32 21	14 46	23 15 51	3 22
14	21 11 22	10 45	12 46 48	20 27	2 15 51	23 39	9 38 13	21 33	18 46 48	14 27	23 18 48	2 57
15	21 0 13	11 9	12 26 9	20 39	1 52 11	23 40	9 59 37	21 24	19 0 56	14 8	23 21 21	2 33
16	20 48 40	11 33	12 5 18	20 51	1 28 30	23 41	10 20 51	21 14	19 14 46	13 50	23 23 29	2 8
17	20 36 43	11 57	11 44 16	21 2	1 4 48	23 42	10 41 55	21 4	19 28 16	13 30	23 25 12	1 43
18	20 24 23	12 20	11 23 3	21 13	0 41 6	23 42	11 2 49	20 54	19 41 26	13 10	23 26 31	1 19
19	20 11 40	12 43	11 1 38	21 25	0 17 24	23 42	11 23 32	20 43	19 54 16	12 50	23 27 24	0 53
20	19 58 33	13 7	10 40 4	21 34	0 B6 16	23 40	11 44 4	20 32	20 6 46	12 30	23 27 53	0 29
21	19 45 4	13 29	10 18 20	21 44	0 29 56	23 40	12 4 24	20 20	20 18 55	12 9	23 27 57	0 4
22	19 31 14	13 50	9 56 26	21 54	0 53 35	23 39	12 24 32	20 8	20 30 43	11 48	23 27 36	0 21
23	19 17 2	14 12	9 34 23	22 3	1 17 12	23 37	12 44 28	19 56	20 42 11	11 28	23 26 50	0 46
24	19 2 29	14 33	9 12 12	22 11	1 40 47	23 35	13 4 11	19 43	20 53 18	11 7	23 25 39	1 11
25	18 47 36	14 53	8 49 53	22 19	2 4 20	23 33	13 23 42	19 31	21 4 3	10 45	23 24 4	1 35
26	18 32 21	15 15	8 27 26	22 27	2 27 50	23 30	13 42 59	19 17	21 14 25	10 22	23 22 4	2 0
27	18 16 46	15 35	8 4 51	22 35	2 51 17	23 27	14 2 3	19 4	21 24 26	10 1	23 19 40	2 24
28	18 0 52	15 54	7 42 10	22 41	3 14 41	23 24	14 20 54	18 51	21 34 5	9 39	23 16 51	2 49
29	17 44 39	16 13			3 38 2	23 21	14 39 30	18 36	21 43 21	9 16	23 13 37	3 14
30	17 28 6	16 33			4 1 18	23 16	14 57 52	18 22	21 52 15	8 54	23 9 59	3 38
31	17 11 15	16 51			4 24 29	23 11			22 0 46	8 31		

Cette Table peut servir pour les Années 1777, 1781, 1785, 1789, 1793, 1797, &c.

TABLE V.

DÉCLINAISON du Soleil au moment de Midi au Méridien de Paris.

POUR la premiere Année après la BISSEXTILE.

Jours	JUILLET. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	AOUST. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	SEPTEMBRE. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	OCTOBRE. Déclinaison Australe. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	NOVEMBRE. Déclinaison Australe. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	DÉCEMBRE. Déclinaison Australe. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.
1	23 5 57	4 2	17 54 20	15 8	8 5 14	21 50	3 25 30	23 21	14 39 26	19 15	21 56 11	9 16
2	23 1 31	4 26	17 38 54	15 26	7 43 58	21 56	3 48 49	23 19	14 58 26	19 0	22 5 1	8 50
3	22 56 41	4 50	17 23 11	15 43	7 21 14	22 4	4 12 4	23 15	15 17 11	18 45	22 13 26	8 25
4	22 51 26	5 15	17 7 11	16 0	6 59 2	22 12	4 35 16	23 12	15 35 42	18 31	22 21 26	8 0
5	22 45 47	5 39	16 50 55	16 16	6 36 43	22 19	4 58 25	23 9	15 53 57	18 15	22 28 59	7 33
6	22 39 45	6 2	16 34 23	16 32	6 14 18	22 25	5 21 30	23 5	16 11 56	17 59	22 36 5	7 6
7	22 33 19	6 26	16 17 34	16 49	5 51 47	22 31	5 44 32	23 2	16 29 39	17 43	22 42 45	6 40
8	22 26 30	6 49	16 0 28	17 6	5 29 9	22 38	6 7 29	22 57	16 47 5	17 26	22 48 58	6 13
9	22 19 17	7 13	15 43 8	17 20	5 6 26	22 43	6 30 21	22 52	17 4 13	17 8	22 54 45	5 47
10	22 11 42	7 35	15 25 33	17 35	4 43 39	22 47	6 53 8	22 47	17 21 5	16 52	23 0 4	5 19
11	22 3 44	7 58	15 7 43	17 50	4 20 45	22 54	7 15 49	22 41	17 37 38	16 33	23 4 55	4 51
12	21 55 22	8 22	14 49 38	18 5	3 57 47	22 58	7 38 24	22 35	17 53 54	16 16	23 9 19	4 24
13	21 46 38	8 44	14 31 20	18 18	3 34 46	23 1	8 0 53	22 29	18 9 50	15 56	23 13 16	3 57
14	21 37 32	9 6	14 12 47	18 33	3 11 40	23 6	8 23 16	22 23	18 25 27	15 37	23 16 45	3 29
15	21 28 3	9 29	13 54 0	18 47	2 48 31	23 9	8 45 32	22 16	18 40 45	15 18	23 19 46	3 1
16	21 18 13	9 50	13 35 0	19 0	2 25 18	23 13	9 7 30	22 7	18 55 43	14 58	23 22 18	2 32
17	21 8 1	10 12	13 15 48	19 12	2 2 2	23 16	9 29 39	22 0	19 10 20	14 37	23 24 23	2 5
18	20 57 28	10 33	12 56 22	19 26	1 38 44	23 18	9 51 31	21 52	19 24 37	14 17	23 25 59	1 36
19	20 46 34	10 54	12 36 44	19 38	1 15 25	23 19	10 13 14	21 43	19 38 33	13 56	23 27 7	1 8
20	20 35 18	11 16	12 16 54	19 50	0 52 3	23 22	10 34 48	21 34	19 52 7	13 34	23 27 47	0 40
21	20 23 41	11 37	11 56 53	20 1	0 28 39	23 24	10 56 12	21 24	20 5 20	13 13	23 27 59	0 12
22	20 11 44	11 57	11 36 40	20 13	0 5 14	23 25	11 17 27	21 15	20 18 10	12 50	23 27 42	0 17
23	19 59 26	12 18	11 16 16	20 24	0 A 18 12	23 26	11 38 32	21 5	20 30 38	12 28	23 26 57	0 45
24	19 46 49	12 37	10 55 41	20 35	0 41 39	23 27	11 59 25	20 53	20 42 43	12 5	23 25 43	1 14
25	19 33 51	12 58	10 34 56	20 45	1 5 5	23 26	12 20 9	20 44	20 54 25	11 42	23 24 1	1 42
26	19 20 34	13 17	10 14 1	20 55	1 28 31	23 26	12 40 41	20 32	21 5 43	11 18	23 21 52	2 9
27	19 6 58	13 36	9 52 56	21 5	1 51 57	23 26	13 1 0	20 19	21 16 37	10 54	23 19 13	2 39
28	18 53 4	13 54	9 31 42	21 14	2 15 22	23 25	13 21 7	20 7	21 27 8	10 31	23 16 7	3 6
29	18 38 50	14 14	9 10 18	21 24	2 38 47	23 25	13 41 2	19 55	21 37 14	10 6	23 12 32	3 35
30	18 24 18	14 32	8 48 45	21 33	3 2 9	23 22	14 0 43	19 41	21 46 55	9 41	23 8 31	4 1
31	18 9 28	14 50	8 27 4	21 41			14 20 11	19 28			23 4 1	4 30

Cette Table peut servir pour les Années 1777, 1781, 1785, 1789, 1793, 1797, &c.

TABLE VI.

Déclinaison du Soleil à l'instant de Midi au Méridien de Paris.

Pour la deuxieme Année après la Bissextile.

Jours.	Janvier. Déclinaison Australe. D. M. S.	Janvier. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	Février. Déclinaison Australe. D. M. S.	Février. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	Mars. Déclinaison Australe. D. M. S.	Mars. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	Avril. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Avril. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	Mai. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Mai. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	Juin. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Juin. Chang. de déc. en 24 h. M. S.
1	22 59 2	4 59	16 58 16	17 4	7 24 53	22 46	4 42 2	23 7	15 11 40	18 11	22 7 1	8 14
2	22 53 37	5 25	16 40 53	17 23	7 2 0	22 53	5 5 6	23 4	15 29 35	17 55	22 14 52	7 51
3	22 47 44	5 53	16 23 14	17 39	6 39 1	22 59	5 28 4	22 58	15 47 16	17 41	22 22 20	7 28
4	21 41 25	6 19	16 5 17	17 57	6 15 57	23 4	5 50 56	22 52	16 4 40	17 24	22 29 24	7 4
5	22 34 38	6 47	15 47 3	18 14	5 52 48	23 9	6 13 41	22 45	16 21 49	17 9	22 36 4	6 40
6	22 27 24	7 14	15 28 33	18 30	5 29 34	23 14	6 36 20	22 39	16 38 41	16 52	22 42 21	6 17
7	22 19 44	7 40	15 9 48	18 45	5 6 15	23 19	6 58 53	22 33	16 55 18	16 37	22 48 14	5 53
8	22 11 38	8 6	14 50 47	19 1	4 42 52	23 23	7 21 19	22 26	17 11 37	16 19	22 53 43	5 29
9	22 3 6	8 32	14 31 32	19 15	4 19 26	23 26	7 43 37	22 18	17 27 40	16 3	22 58 48	5 5
10	21 54 7	8 59	14 12 2	19 30	3 55 56	23 30	8 5 47	22 10	17 43 24	15 44	23 3 29	4 41
11	21 44 43	9 24	13 52 18	19 44	3 32 24	23 32	8 27 49	22 2	17 58 50	15 26	23 7 46	4 17
12	21 34 54	9 49	13 32 20	19 58	3 8 49	23 35	8 49 43	21 54	18 13 59	15 9	23 11 37	3 51
13	21 24 40	10 14	13 12 10	20 10	2 45 12	23 37	9 11 29	21 46	18 28 50	14 51	23 15 5	3 28
14	21 14 1	10 39	12 51 46	20 24	2 21 33	23 39	9 33 4	21 35	18 43 23	14 33	23 18 9	3 4
15	21 2 58	11 3	12 31 10	20 36	1 57 53	23 40	9 54 30	21 26	18 57 36	14 13	23 20 47	2 38
16	20 51 30	11 28	12 10 22	20 48	1 34 12	23 41	10 15 47	21 17	19 11 29	13 53	23 23 1	2 14
17	20 39 39	11 51	11 49 23	20 59	1 10 31	23 41	10 36 54	21 7	19 25 4	13 35	23 24 51	1 50
18	20 27 25	12 14	11 28 12	21 11	0 46 50	23 41	10 57 50	20 56	19 38 19	13 15	23 26 15	1 24
19	20 14 47	12 38	11 6 50	21 22	0 23 8	23 42	11 18 36	20 46	19 51 13	12 54	23 27 14	0 59
20	20 1 46	13 1	10 45 18	21 32	0 B 0 34	23 42	11 39 10	20 34	20 3 48	12 35	23 27 49	0 35
21	19 48 23	13 23	10 23 36	21 42	0 24 15	23 41	11 59 33	20 23	20 16 3	12 15	23 27 59	0 10
22	19 34 37	13 46	10 1 45	21 51	0 47 54	23 39	12 19 44	20 11	20 27 56	11 53	23 27 44	0 15
23	19 20 30	14 7	9 39 44	22 1	1 11 31	23 37	12 39 43	19 59	20 39 28	11 32	23 27 4	0 40
24	19 6 3	14 27	9 17 36	22 8	1 35 7	23 36	12 59 30	19 47	20 50 40	11 12	23 25 59	1 5
25	18 51 14	14 49	8 55 18	22 18	1 58 40	23 33	13 19 4	19 34	21 1 28	10 48	23 24 30	1 29
26	18 36 4	15 10	8 32 52	22 26	2 22 11	23 31	13 38 24	19 20	21 11 58	10 30	23 22 36	1 54
27	18 20 34	15 30	8 10 19	22 33	2 45 40	23 29	13 57 32	19 8	21 22 5	10 7	23 20 18	2 18
28	18 4 45	15 49	7 47 39	22 40	3 9 4	23 24	14 16 25	18 53	21 31 49	9 44	23 17 35	2 43
29	17 48 35	16 10			3 32 25	23 21	14 35 4	18 39	21 41 11	9 22	23 14 27	3 8
30	17 32 7	16 28			3 55 42	23 17	14 53 29	18 25	21 50 10	8 59	23 10 55	3 32
31	17 15 20	16 47			4 18 55	23 13			21 58 47	8 37		

Cette Table peut servir pour les Années 1774, 1778, 1782, 1786, 1790, 1794, &c.

TABLE

TABLE VI.

Déclinaison du Soleil à l'instant de Midi au Méridien de Paris.

Pour la deuxieme Année après la Bissextile.

Jours	Juillet. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Juillet. Chang. de déc. en 24 H. M. S.	Aoust. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Aoust. Chang. de déc. en 24 H. M. S.	Septembre. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Septembre. Chang. de déc. en 24 H. M. S.	Octobre. Déclinaison Australe. D. M. S.	Octobre. Chang. de déc. en 24 H. M. S.	Novembre. Déclinaison Australe. D. M. S.	Novembre. Chang. de déc. en 24 H. M. S.	Décembre. Déclinaison Australe. D. M. S.	Décembre. Chang. de déc. en 24 H. M. S.
1	23 6 58	3 57	17 58 0	15 3	8 10 30	21 47	3 19 51	23 21	14 34 50	19 18	21 53 59	9 22
2	23 2 37	4 21	17 42 38	15 22	7 48 34	21 56	3 43 12	23 19	14 53 53	19 3	22 2 56	8 57
3	22 57 53	4 44	17 26 59	15 39	7 26 31	22 3	4 6 28	23 16	15 12 42	18 49	22 11 27	8 31
4	22 52 44	5 9	17 11 3	15 56	7 4 21	22 10	4 29 41	23 13	15 31 16	18 34	22 19 38	8 5
5	22 47 11	5 33	16 54 50	16 13	6 42 4	22 17	4 52 50	23 9	15 49 35	18 19	22 27 12	7 40
6	22 41 14	5 57	16 38 21	16 29	6 19 41	22 23	5 15 57	23 7	16 7 37	18 2	22 34 25	7 13
7	22 34 54	6 20	16 21 36	16 45	5 57 12	22 29	5 39 0	23 3	16 25 24	17 47	22 41 11	6 46
8	22 28 10	6 44	16 4 35	17 1	5 34 36	22 36	6 1 58	22 58	16 42 54	17 30	22 47 31	6 20
9	22 21 3	7 7	15 47 19	17 16	5 11 54	22 41	6 24 51	22 53	17 0 7	17 13	22 53 24	5 53
10	22 13 34	7 29	15 29 48	17 31	4 49 8	22 47	6 47 39	22 48	17 17 3	16 56	22 58 50	5 26
11	22 5 40	7 54	15 12 1	17 47	4 26 16	22 52	7 10 21	22 42	17 33 41	16 38	23 3 48	4 58
12	21 57 24	8 16	14 53 59	18 2	4 3 19	22 57	7 32 59	22 38	17 50 1	16 20	23 8 18	4 30
13	21 48 46	8 38	14 35 43	18 16	3 40 18	23 1	7 55 29	22 36	18 6 2	16 2	23 12 22	4 4
14	21 39 46	9 0	14 17 15	18 28	3 17 13	23 5	8 17 55	22 24	18 21 43	15 41	23 15 57	3 35
15	21 30 23	9 23	13 58 32	18 43	2 54 5	23 8	8 40 10	22 17	18 37 6	15 23	23 19 4	3 7
16	21 20 37	9 46	13 39 35	18 57	2 30 53	23 12	9 2 20	22 10	18 52 8	15 2	23 21 44	2 40
17	21 10 30	10 7	13 20 25	19 10	2 7 38	23 15	9 24 22	22 2	19 6 50	14 42	23 23 55	2 11
18	21 0 2	10 28	13 1 3	19 22	1 44 21	23 17	9 46 16	21 54	19 21 12	14 22	23 25 38	1 43
19	20 49 12	10 50	12 41 29	19 34	1 21 1	23 20	10 8 1	21 45	19 35 13	14 1	23 26 54	1 16
20	20 38 1	11 11	12 21 42	19 47	0 57 39	23 22	10 29 37	21 36	19 48 52	13 39	23 27 41	0 47
21	20 26 29	11 32	12 1 43	19 59	0 34 16	23 23	10 51 4	21 27	20 2 11	13 19	23 27 59	0 18
22	20 14 37	11 52	11 41 33	20 10	0 10 52	23 24	11 12 21	21 17	20 15 7	12 56	23 27 49	0 10
23	20 2 25	12 12	11 21 11	20 22	0 A 12 35	23 27	11 33 28	21 7	20 27 40	12 33	23 27 11	0 38
24	19 49 52	12 33	11 0 39	20 32	0 36 1	23 26	11 54 25	20 57	20 39 50	12 10	23 26 4	1 7
25	19 36 59	12 53	10 39 57	20 42	0 59 27	23 26	12 15 10	20 45	20 51 38	11 48	23 24 29	1 35
26	19 23 47	13 12	10 19 4	20 53	1 22 53	23 26	12 35 45	20 35	21 3 2	11 24	23 22 29	2 4
27	19 10 16	13 31	9 58 1	21 3	1 46 19	23 26	12 56 8	20 23	21 14 2	11 0	23 19 55	2 30
28	18 56 26	13 50	9 36 49	21 12	2 9 45	23 24	13 16 18	20 10	21 24 38	10 36	23 16 54	3 1
29	18 42 17	14 9	9 15 27	21 22	2 33 9	23 23	13 36 16	19 58	21 34 50	10 12	23 13 27	3 27
30	18 27 49	14 28	8 53 56	21 31	2 56 32		13 56 1	19 45	21 44 37	9 47	23 9 32	3 55
31	18 13 3	14 46	8 32 17	21 39			14 15 32	19 31			23 5 8	4 24

Cette Table peut servir pour les Années 1774, 1778, 1782, 1786, 1790, 1794, &c.

TABLE VII.

DÉCLINAISON du Soleil à l'instant de Midi au Méridien de Paris.

POUR la troisieme Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JANVIER. Déclinaison Australe. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	FÉVRIER. Déclinaison. Australe. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	MARS. Déclinaison Australe. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	AVRIL. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	MAI. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	JUIN. Déclinaison Boréale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.
1	23 0 17	4 51	17 2 24	17 1	7 30 23	22 45	4 36 29	23 9	15 7 19	18 14	22 5 4	8 19
2	22 54 58	5 19	16 45 6	17 18	7 7 31	22 52	4 59 34	23 5	15 25 18	17 59	22 13 1	7 57
3	22 49 12	5 46	16 27 30	17 36	6 44 34	22 57	5 22 33	22 59	15 43 2	17 44	22 20 34	7 33
4	22 42 59	6 13	16 9 37	17 53	6 21 30	23 4	5 45 26	22 53	16 0 30	17 28	22 27 44	7 10
5	22 36 19	6 40	15 51 28	18 9	5 58 22	23 8	6 8 14	22 48	16 17 43	17 13	22 34 31	6 47
6	22 29 12	7 7	15 33 2	18 26	5 35 9	23 13	6 30 55	22 41	16 34 40	16 57	22 40 54	6 23
7	22 21 38	7 34	15 14 20	18 42	5 11 52	23 17	6 53 29	22 34	16 51 20	16 40	22 46 52	5 58
8	22 13 38	8 0	14 55 24	18 56	4 48 30	23 22	7 15 56	22 27	17 7 43	16 23	22 52 27	5 35
9	22 5 11	8 27	14 36 12	19 12	4 25 4	23 26	7 38 16	22 20	17 23 49	16 6	22 57 38	5 11
10	21 56 19	8 52	14 16 46	19 26	4 1 35	23 29	8 0 28	22 12	17 39 38	15 49	23 2 24	4 46
11	21 47 1	9 18	13 57 5	19 41	3 38 4	23 31	8 22 33	22 5	17 55 9	15 31	23 6 46	4 22
12	21 37 18	9 43	13 37 10	19 55	3 14 29	23 35	8 44 29	21 56	18 10 23	15 14	23 10 44	3 58
13	21 27 10	10 8	13 17 3	20 7	2 50 53	23 36	9 6 15	21 46	18 25 18	14 55	23 14 17	3 33
14	21 16 37	10 33	12 56 42	20 21	2 27 15	23 38	9 27 53	21 38	18 39 55	14 37	23 17 26	3 9
15	21 5 40	10 57	12 36 9	20 33	2 3 35	23 40	9 49 22	21 29	18 54 12	14 17	23 20 11	2 45
16	20 54 18	11 22	12 15 24	20 45	1 39 54	23 41	10 10 41	21 19	19 8 11	13 59	23 22 31	2 20
17	20 42 32	11 46	11 54 27	20 57	1 16 12	23 42	10 31 51	21 10	19 21 50	13 39	23 24 26	1 55
18	20 30 23	12 9	11 33 19	21 8	0 52 31	23 41	10 52 50	20 59	19 35 9	13 19	23 25 56	1 30
19	20 17 52	12 31	11 12 0	21 19	0 28 50	23 41	11 13 37	20 47	19 48 9	13 0	23 27 2	1 6
20	20 4 56	12 56	10 50 30	21 30	0 5 9	23 41	11 34 14	20 37	20 0 49	12 40	23 27 42	0 40
21	19 51 38	13 18	10 28 51	21 39	0B18 32	23 41	11 54 40	20 26	20 13 8	12 19	23 27 58	0 16
22	19 37 58	13 40	10 7 2	21 49	0 42 12	23 40	12 14 54	20 14	20 25 8	12 0	23 27 49	0 9
23	19 23 57	14 1	9 45 3	21 59	1 5 50	23 38	12 34 56	20 2	20 36 45	11 37	23 27 15	0 34
24	19 9 34	14 23	9 22 56	22 7	1 29 27	23 37	12 54 46	19 50	20 48 2	11 17	23 26 16	0 59
25	18 54 49	14 45	9 0 41	22 15	1 53 1	23 34	13 14 23	19 37	20 58 57	10 55	23 24 53	1 23
26	18 39 45	15 4	8 38 17	22 24	2 16 32	23 31	13 33 47	19 24	21 9 30	10 33	23 23 5	1 48
27	18 24 20	15 25	8 15 46	22 31	2 40 1	23 29	13 52 57	19 10	21 19 42	10 12	23 20 52	2 13
28	18 8 36	15 44	7 53 8	22 38	3 3 27	23 26	14 11 54	18 57	21 29 31	9 49	23 18 15	2 37
29	17 52 31	16 5			3 26 49	23 22	14 30 36	18 42	21 38 58	9 27	23 15 13	3 2
30	17 36 8	16 23			3 50 7	23 18	14 49 5	18 29	21 48 3	9 5	23 11 47	3 26
31	17 19 25	16 43			4 13 20	23 13			21 56 45	8 42		

Cette Table peut servir pour les Années 1775, 1779, 1783, 1787, 1791, 1795, &c.

TABLE VII.

DÉCLINAISON du Soleil à l'instant de Midi au Méridien de Paris.

POUR la troisieme Année après la BISSEXTILE.

Jours.	JUILLET. Déclinaison Boréale. D. M. S.	JUILLET. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	AOUST. Déclinaison Boréale. D. M. S.	AOUST. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	SEPTEMBRE. Déclinaison Boréale. D. M. S.	SEPTEMBRE. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	OCTOBRE. Déclinaison Australe. D. M. S.	OCTOBRE. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	NOVEMBRE. Déclinaison Australe. D. M. S.	NOVEMBRE. Chang. de déc. en 24 h. M. S.	DÉCEMBRE. Déclinaison Australe. D. M. S.	DÉCEMBRE. Chang. de déc. en 24 h. M. S.
1	23 7 56	3 51	18 1 38	14 59	8 15 44	21 45	3 14 16	23 22	14 30 11	19 21	21 51 45	9 28
2	23 3 41	4 15	17 46 20	15 18	7 53 50	21 54	3 37 35	23 19	14 49 18	19 7	22 0 48	9 3
3	22 59 2	4 39	17 30 45	15 35	7 31 50	22 0	4 0 52	23 17	15 8 11	18 53	22 9 26	8 38
4	22 53 59	5 3	17 14 54	15 51	7 9 41	22 9	4 24 6	23 14	15 26 48	18 37	22 17 38	8 12
5	22 48 32	5 27	16 58 46	16 8	6 47 26	22 15	4 47 17	23 11	15 45 11	18 23	22 25 23	7 45
6	22 42 41	5 51	16 42 21	16 25	6 25 4	22 22	5 10 25	23 8	16 3 18	18 7	22 32 43	7 20
7	22 36 27	6 14	16 25 39	16 42	6 2 36	22 28	5 33 28	23 3	16 21 8	17 50	22 39 36	6 53
8	22 29 49	6 38	16 8 42	16 57	5 40 2	22 34	5 56 27	22 59	16 38 42	17 34	22 46 1	6 25
9	22 22 47	7 2	15 51 29	17 13	5 17 22	22 40	6 19 21	22 54	16 56 0	17 18	22 52 0	5 59
10	22 15 22	7 25	15 34 1	17 28	4 54 36	22 46	6 42 10	22 49	17 13 0	17 0	22 57 33	5 33
11	22 7 35	7 47	15 16 18	17 43	4 31 45	22 51	7 4 54	22 44	17 29 42	16 42	23 2 37	5 4
12	21 59 24	8 11	14 58 20	17 58	4 8 50	22 55	7 27 32	22 38	17 46 5	16 23	23 7 14	4 37
13	21 50 51	8 33	14 40 8	18 12	3 45 50	23 0	7 50 4	22 32	18 2 11	16 6	23 11 24	4 10
14	21 41 56	8 55	14 21 42	18 26	3 22 46	23 4	8 12 30	22 26	18 17 58	15 47	23 15 7	3 43
15	21 32 38	9 18	14 3 2	18 40	2 59 39	23 7	8 34 48	22 18	18 33 25	15 27	23 18 21	3 14
16	21 22 59	9 39	13 44 8	18 54	2 36 28	23 11	8 57 0	22 12	18 48 31	15 6	23 21 7	2 46
17	21 12 57	10 2	13 25 1	19 7	2 13 13	23 15	9 19 4	22 4	19 3 18	14 47	23 23 25	2 18
18	21 2 34	10 23	13 5 42	19 19	1 49 56	23 17	9 40 59	21 55	19 17 46	14 28	23 25 15	1 50
19	20 51 49	10 45	12 46 10	19 32	1 26 37	23 19	10 2 47	21 48	19 31 51	14 5	23 26 37	1 22
20	20 40 44	11 5	12 26 26	19 44	1 3 17	23 20	10 24 25	21 38	19 45 36	13 45	23 27 30	0 53
21	20 29 16	11 28	12 6 30	19 56	0 39 54	23 23	10 45 55	21 30	19 58 59	13 23	23 27 56	0 26
22	20 17 29	11 47	11 46 23	20 7	0 16 29	23 25	11 7 14	21 19	20 12 0	13 1	23 27 53	0 3
23	20 5 21	12 8	11 26 4	20 19	0A6 56	23 25	11 28 23	21 9	20 24 39	12 39	23 27 21	0 32
24	19 52 53	12 28	11 5 35	20 29	0 30 23	23 27	11 49 22	20 59	20 36 55	12 16	23 26 21	1 0
25	19 40 6	12 47	10 44 55	20 40	0 53 49	23 26	12 10 10	20 48	20 48 49	11 54	23 24 53	1 28
26	19 26 58	13 8	10 24 4	20 51	1 17 15	23 26	12 30 48	20 38	21 0 18	11 29	23 22 57	1 56
27	19 13 32	13 26	10 3 3	21 1	1 40 41	23 26	12 51 13	20 25	21 11 24	11 6	23 20 32	2 25
28	18 59 46	13 46	9 41 53	21 10	2 4 7	23 26	13 11 26	20 13	21 22 6	10 42	23 17 39	2 53
29	18 45 41	14 5	9 20 34	21 19	2 27 31	23 24	13 31 28	20 2	22 32 24	10 18	23 14 18	3 21
30	18 31 19	14 22	8 59 6	21 28	2 50 54	23 23	13 51 16	19 48	21 42 17	9 53	23 10 30	3 48
31	18 16 37	14 42	8 37 29	21 37			14 10 50	19 34			23 6 14	4 16

Cette Table peut servir pour les Années 1775, 1779, 1783, 1787, 1791, 1795, &c.

TABLE VIII.

DÉCLINAISON du Soleil à l'instant de Midi au Méridien de Paris.

ANNÉE BISSEXTILE.

Jours	Janvier					Février					Mars				
	Déclinaison Australe.			Chang. de déc. en 24 h.		Déclinaison Australe.			Chang. de déc. en 24 h.		Déclinaison Australe.			Chang. de déc. en 24 h.	
	D.	M.	S.	M.	S.	D.	M.	S.	M.	S.	D.	M.	S.	M.	S.
1	23	1	27	4	47	17	6	32	16	56	7	13	2	22	50
2	22	56	15	5	12	16	49	18	17	14	6	50	6	22	56
3	22	50	36	5	39	16	31	46	17	32	6	27	4	23	2
4	22	44	29	6	7	16	13	58	17	48	6	3	57	23	7
5	22	37	56	6	33	15	55	52	18	6	5	40	45	23	12
6	22	30	55	7	1	15	37	30	18	22	5	17	28	23	17
7	22	23	26	7	29	15	18	52	18	38	4	54	7	23	21
8	22	15	34	7	52	14	59	59	18	53	4	30	43	23	24
9	22	7	14	8	20	14	40	51	19	8	4	7	16	23	27
10	21	58	29	8	45	14	21	28	19	23	3	43	44	23	32
11	21	49	16	9	13	14	1	49	19	39	3	20	11	23	33
12	21	39	39	9	37	13	41	59	19	50	2	56	36	23	35
13	21	29	38	10	1	13	21	54	20	5	2	32	57	23	39
14	21	19	11	10	27	13	1	36	20	18	2	9	17	23	40
15	21	8	19	10	52	12	41	6	20	30	1	45	37	23	40
16	20	57	3	11	16	12	20	24	20	42	1	21	56	23	41
17	20	45	23	11	40	11	59	31	20	53	0	58	14	23	42
18	20	33	19	12	4	11	38	25	21	6	0	34	33	23	41
19	20	20	54	12	25	11	17	8	21	17	0	10	51	23	42
20	20	8	5	12	49	10	55	41	21	27	0 B	12	50	23	41
21	19	54	52	13	13	10	34	4	21	37	0	36	30	23	40
22	19	41	17	13	35	10	12	18	21	46	1	0	9	23	39
23	19	27	21	13	56	9	50	22	21	56	1	23	46	23	37
24	19	13	3	14	18	9	28	16	22	6	1	47	20	23	34
25	18	58	24	14	39	9	6	2	22	14	2	10	52	23	32
26	18	43	24	15	0	8	43	41	22	21	2	34	21	23	29
27	18	28	5	15	19	8	21	11	22	30	2	57	48	23	27
28	18	12	25	15	40	7	58	35	22	36	3	21	11	23	23
29	17	56	24	16	1	7	35	52	22	43	3	44	30	23	19
30	17	40	6	16	18						4	7	44	23	14
31	17	23	28	16	38						4	30	55	23	11

Jours	Avril					Mai					Juin				
	Déclinaison Boréale.			Chang. de déc. en 24 h.		Déclinaison Boréale.			Chang. de déc. en 24 h.		Déclinaison Boréale.			Chang. de déc. en 24 h.	
	D.	M.	S.	M.	S.	D.	M.	S.	M.	S.	D.	M.	S.	M.	S.
1	4	54	0	23	5	15	20	59	18	3	22	11	8	8	1
2	5	17	0	23	0	15	38	47	17	48	22	18	45	7	39
3	5	39	55	22	55	15	56	19	17	32	22	26	1	7	16
4	6	2	43	22	48	16	13	35	17	16	22	32	53	6	52
5	6	25	25	22	42	16	30	36	17	1	22	39	21	6	28
6	6	48	1	22	36	16	47	20	16	44	22	45	26	6	5
7	7	10	31	22	30	17	3	48	16	28	22	51	7	5	41
8	7	32	53	22	22	17	19	58	16	10	22	56	23	5	16
9	7	55	7	22	14	17	35	51	15	53	23	1	16	4	53
10	8	17	13	22	6	17	51	27	15	36	23	5	44	4	28
11	8	39	11	21	58	18	6	44	15	17	23	9	48	4	4
12	9	1	0	21	49	18	21	43	14	59	23	13	27	3	39
13	9	22	41	21	41	18	36	24	14	41	23	16	42	3	15
14	9	44	12	21	31	18	50	47	14	23	23	19	32	2	50
15	10	5	33	21	21	19	4	50	14	3	23	21	58	2	26
16	10	26	45	21	12	19	18	34	13	44	23	23	59	2	1
17	10	47	46	21	1	19	31	58	13	24	23	25	35	1	36
18	11	8	37	20	51	19	45	3	13	5	23	26	47	1	12
19	11	29	16	20	39	19	57	47	12	44	23	27	33	0	46
20	11	49	45	20	29	20	10	11	12	24	23	27	55	0	22
21	12	10	2	20	17	20	22	13	12	2	23	27	52	0	3
22	12	30	6	20	4	20	33	56	11	43	23	27	24	0	28
23	12	49	58	19	52	20	45	18	11	22	23	26	32	0	52
24	13	9	39	19	41	20	56	19	11	1	23	25	15	1	17
25	13	29	6	19	27	21	6	57	10	38	23	23	23	1	52
26	13	48	20	19	14	21	17	14	10	17	23	21	26	1	57
27	14	7	20	19	0	21	27	9	9	55	23	18	54	2	32
28	14	26	6	18	46	21	36	42	9	33	23	15	58	2	56
29	14	44	39	18	33	21	45	52	9	10	23	12	38	3	20
30	15	2	56	18	17	21	54	40	8	48	23	8	53	3	45
31						22	3	5	8	25					

Cette Table peut servir pour les Années 1776, 1780, 1784, 1788, 1792, 1796, &c.

TABLE VIII.

DÉCLINAISON du Soleil à l'inſtant de Midi au Méridien de Paris.

ANNÉE BISSEXTILE.

Jours.	JUILLET. Déclinaiſon Boréale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	AOUST. Déclinaiſon Boréale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	SEPTEMBRE. Déclinaiſon Boréale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	OCTOBRE. Déclinaiſon Auſtrale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	NOVEMBRE. Déclinaiſon Auſtrale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.	DÉCEMBRE. Déclinaiſon Auſtrale. D. M. S.	Chang. de déc. en 24 h. M. S.
1	23 4 43	4 10	17 50 1	15 12	7 59 7	21 52	3 31 57	23 19	14 44 42	19 11	21 58 37	9 9
2	23 0 10	4 33	17 34 30	15 31	7 37 8	21 59	3 55 14	23 17	15 3 38	18 56	22 7 21	8 44
3	22 55 12	4 58	17 18 42	15 48	7 15 2	22 6	4 18 29	23 15	15 22 19	18 41	22 15 39	8 18
4	22 49 50	5 22	17 2 37	16 5	6 52 48	22 14	4 41 41	23 12	15 40 45	18 26	22 23 30	7 51
5	22 44 5	5 45	16 46 17	16 20	6 30 28	22 20	5 4 49	23 8	15 58 55	18 10	22 30 56	7 26
6	22 37 56	6 9	16 29 39	16 38	6 8 1	22 27	5 27 54	23 5	16 16 50	17 55	22 37 54	6 58
7	22 31 24	6 32	16 12 46	16 53	5 45 27	22 34	5 50 53	22 59	16 34 28	17 38	22 44 28	6 34
8	22 24 28	6 56	15 55 37	17 9	5 22 48	22 39	6 13 49	22 56	16 51 49	17 21	22 50 34	6 6
9	22 17 9	7 19	15 38 13	17 24	5 0 5	22 43	6 36 40	22 51	17 8 53	17 4	22 56 13	5 39
10	22 9 27	7 42	15 20 34	17 39	4 37 15	22 50	6 59 25	22 45	17 25 39	16 46	23 1 25	5 12
11	22 1 22	8 5	15 2 40	17 54	4 14 21	22 54	7 22 5	22 40	17 42 7	16 28	23 6 9	4 44
12	21 52 54	8 28	14 44 31	18 9	3 51 22	22 59	7 44 38	22 33	17 58 18	16 11	23 10 25	4 16
13	21 44 5	8 49	14 26 8	18 23	3 28 20	23 2	8 7 5	22 27	18 14 8	15 50	23 14 14	3 49
14	21 34 52	9 13	14 7 31	18 37	3 5 13	23 7	8 29 26	22 21	18 29 40	15 32	23 17 34	3 20
15	21 25 17	9 35	13 48 41	18 50	2 42 2	23 11	8 51 39	22 13	18 44 53	15 13	23 20 27	2 53
16	21 15 21	9 56	13 29 38	19 3	2 18 49	23 13	9 13 45	22 6	18 59 45	14 52	23 22 53	2 26
17	21 5 4	10 17	13 10 21	19 17	1 55 33	23 16	9 35 43	21 58	19 14 17	14 32	23 24 49	1 56
18	20 54 25	10 39	12 50 52	19 29	1 32 14	23 19	9 57 31	21 48	19 28 27	14 10	23 26 18	1 29
19	20 43 24	11 1	12 31 11	19 41	1 8 54	23 20	10 19 12	21 41	19 42 18	13 51	23 27 18	1 0
20	20 32 3	11 21	12 11 18	19 53	0 45 31	23 23	10 40 44	21 32	19 55 47	13 29	23 27 50	0 32
21	20 20 20	11 43	11 51 14	20 4	0 22 7	23 24	11 2 5	21 21	20 8 53	13 6	23 27 54	0 4
22	20 8 17	12 3	11 30 58	20 16	0 A 1 18	23 25	11 23 17	21 12	20 21 37	12 44	23 27 29	0 25
23	19 55 54	12 23	11 10 31	20 27	0 24 45	23 27	11 44 19	21 2	20 33 58	12 21	23 26 37	0 52
24	19 43 11	12 43	10 49 53	20 38	0 48 11	23 26	12 5 10	20 51	20 45 56	11 58	23 25 14	1 23
25	19 30 8	13 3	10 29 5	20 48	1 11 37	23 26	12 25 49	20 39	20 57 32	11 36	23 23 25	1 49
26	19 16 46	13 22	10 8 6	20 59	1 35 3	23 26	12 46 17	20 28	21 8 44	11 12	23 21 8	2 17
27	19 3 4	13 42	9 46 59	21 7	1 58 28	23 25	13 6 33	20 16	21 19 31	10 47	23 18 22	2 46
28	18 49 4	14 0	9 25 42	21 17	2 21 53	23 25	13 26 38	20 5	21 29 55	10 24	23 15 7	3 15
29	18 34 46	14 18	9 4 16	21 26	2 45 17	23 24	13 46 29	19 51	21 39 54	9 59	23 11 26	3 41
30	18 20 9	14 37	8 42 42	21 34	3 8 38	23 21	14 6 7	19 38	21 49 28	9 34	23 7 16	4 10
31	18 5 13	14 56	8 20 59	21 43			14 25 31	19 24			23 2 38	4 38

Cette Table peut ſervir pour les Années 1776, 1780, 1784, 1788, 1792, 1796, &c.

TABLE IX.

ÉQUATION générale pour le Midi conclu par des hauteurs correſpondantes du Soleil.

PREMIERE PARTIE.

Équation	Mois.	Jours.	Moitié de l'intervalle entre les Obſervations. 1h 40′	2h 0′	2h 20′	2h 40′	3h 0′	3h 20′	3h 40′	4h 0′
			Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.
Equation additive.	Mars. . .	20	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00
		30	0, 96	0, 93	0, 89	0, 85	0, 80	0, 75	0, 69	0, 62
	Avril. . .	9	2, 29	2, 22	2, 14	2, 04	1, 92	1, 79	1, 64	1, 48
		20	2, 49	2, 41	2, 32	2, 21	2, 09	1, 95	1, 79	1, 61
		30	2, 90	2, 81	2, 70	2, 58	2, 43	2, 27	2, 08	1, 87
	Mai. . . .	10	2, 97	2, 88	2, 77	2, 64	2, 49	2, 32	2, 13	1, 92
		21	2, 68	2, 59	2, 50	2, 38	2, 25	2, 09	1, 92	1, 73
		31	2, 02	1, 96	1, 89	1, 80	1, 70	1, 58	1, 45	1, 31
	Juin. . . .	10	1, 10	1, 06	1, 02	0, 97	0, 92	0, 86	0, 79	0, 71
Souſtractive.		21	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00
	Juillet . .	1	1, 10	1, 06	1, 02	0, 97	0, 92	0, 86	0, 79	0, 71
		12	2, 02	1, 96	1, 88	1, 79	1, 70	1, 58	1, 45	1, 31
		22	2, 66	2, 58	2, 48	2, 37	2, 24	2, 08	1, 91	1, 72
	Aouſt. . .	2	2, 94	2, 85	2, 74	2, 62	2, 47	2, 30	2, 11	1, 90
		12	2, 87	2, 78	2, 68	2, 56	2, 41	2, 25	2, 06	1, 86
		23	2, 47	2, 40	2, 31	2, 20	2, 08	1, 94	1, 78	1, 60
	Septemb.	2	2, 27	2, 20	2, 11	2, 02	1, 90	1, 77	1, 63	1, 47
		12	0, 95	0, 92	•, 89	0, 85	0, 80	0, 74	0, 68	0, 61
Additive.		23	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00
	Octobre. .	3	0, 96	0, 93	0, 89	0, 85	0, 80	0, 75	0, 69	0, 62
		13	2, 32	2, 25	2, 16	2, 06	1, 95	1, 81	1, 67	1, 50
		23	2, 55	2, 47	2, 38	2, 27	2, 14	2, 00	1, 83	1, 65
	Novemb.	2	3, 00	2, 91	2, 80	2, 67	2, 52	2, 35	2, 15	1, 94
		12	3, 10	3, 01	2, 89	2 ·76	2, 61	2, 43	2, 23	2, 01
		22	2, 83	2, 74	2, 64	2, 52	2, 38	2, 21	2, 03	1, 83
	Décemb.	2	2, 15	2, 08	2, 00	1, 91	1, 80	1, 68	1, 54	1, 39
		11	1, 17	1, 13	1, 09	1, 04	0, 98	0, 91	0, 84	0, 75
Souſtractive.		21	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00
		31	1, 17	1, 13	1, 09	1, 04	0, 98	0, 91	0, 84	0, 75
	Janvier. .	10	2, 15	2, 09	2, 01	1, 92	1, 81	1, 69	1, 55	1, 39
		19	2, 84	2, 76	2, 64	2, 56	2, 39	2, 22	2, 04	1, 84
		29	3, 13	3, 03	2, 91	2, 78	2, 62	2, 45	2, 25	2, 02
	Février. .	8	3, 02	2, 93	2, 82	2, 69	2, 54	2, 37	2, 16	1, 95
		18	2, 57	2, 49	2, 40	2, 29	2, 16	2, 01	1, 85	1, 66
		28	2, 34	2, 27	2, 18	2, 08	1, 97	1, 83	1, 68	1, 51
	Mars. . .	10	0, 97	0, 94	0, 90	0, 86	0, 81	0, 76	0, 69	0, 63

TABLE IX.

Équation générale pour le Midi conclu par des hauteurs correspondantes du Soleil.

SECONDE PARTIE.

	Mois.	Jours.	Moitié de l'intervalle entre les Observations. 1h 40′ Sec.	2h 0′ Sec.	2h 20′ Sec.	2h 40′ Sec.	3h 0′ Sec.	3h 20′ Sec.	3h 40′ Sec.	4h 0′ Sec.	Degrés de Latitude.	Tangente.	Degrés de Latitude.	Tangente.
Equation soustractive.	Mars. . .	20	15, 53	15, 78	16, 09	16, 37	16, 74	17, 17	17, 66	18, 23				
		30	15, 25	15, 50	15, 80	16, 08	16, 44	16, 86	17, 35	17, 91				
	Avril . .	9	14, 56	14, 80	15, 09	15, 35	15, 70	19, 10	16, 56	17, 10				
		20	13, 49	13, 71	13, 97	14, 22	14, 54	14, 91	15, 34	15, 83				
		30	12, 03	12, 23	12, 47	12, 69	12, 97	13, 30	13, 69	14, 13				
	Mai. . . .	10	10, 20	10, 37	10, 57	10, 76	11, 00	11, 28	11, 61	11, 98	0	0,00	30	0,58
		21	8, 02	8, 15	8, 31	8, 45	8, 64	8, 86	9, 12	9, 41	1	0,02	31	0,60
		31	5, 53	5, 62	5, 73	5, 83	5, 96	6, 12	6, 29	6, 50	2	0,03	32	0,62
	Juin. . . .	10	2, 82	2, 87	2, 93	2, 98	3, 05	3, 12	3, 21	3, 32	3	0, 5	33	0,65
		21	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	4	0, 7	34	0,67
Additive.	Juillet. . .	1	2, 82	2, 87	2, 92	2, 97	3, 04	3, 12	3, 21	3, 31	5	0, 9	35	0,70
		12	5, 51	5, 60	5, 71	5, 81	5, 95	6, 10	6 27	6, 48	6	0,11	36	0,73
		22	7, 98	8, 11	8, 27	8, 41	8, 60	8, 82	9, 08	9, 37	7	0,12	37	0,75
	Aoust. . .	2	10, 11	10, 28	10, 48	10, 66	10, 90	11, 18	11, 51	11, 88	8	0,14	38	0,78
		12	11, 94	12, 17	12, 37	12, 59	12, 87	13, 20	13, 58	14, 02	9	0,16	39	0,81
		23	13, 37	13, 59	13, 85	14, 10	14, 41	14, 78	15, 21	15, 70	10	0,18	40	0,84
	Septem. .	2	14, 42	14, 66	14, 94	15, 20	15, 55	15, 94	16, 41	16, 93	11	0,19	41	0,87
		12	15, 09	15, 34	15, 64	15, 92	16, 27	16, 69	17, 17	17, 72	12	0,21	42	0,90
		23	15, 37	15, 63	15, 93	16, 21	16, 58	17, 00	17, 49	18, 05	13	0,23	43	0,93
	Octob. . .	3	15, 26	15, 52	15, 81	16, 09	16, 46	16, 87	17, 36	17, 92	14	0,25	44	0,96
		13	14, 75	15, 00	15,.29	15, 56	15, 91	16, 31	16, 78	17, 32	15	0,27	45	1,00
		23	13, 82	14, 05	14, 32	14, 57	14, 90	15, 28	15, 74	16, 23	16	0,29	46	1,03
	Novemb. .	2	12, 46	12, 66	12, 91	13, 14	13, 43	13, 78	14, 17	14, 63	17	0,30	47	1,07
		12	10, 67	10, 84	11, 05	11, 25	11, 50	11, 80	12, 14	12, 53	18	0,32	48	1,11
		22	8, 46	8, 59	8, 76	8, 91	9, 12	9, 35	9, 62	9, 93	19	0,34	49	1,15
	Décemb.	2	5, 87	5, 83	6, 08	6, 19	6, 33	6, 49	6, 63	6, 89	20	0,36	50	1,19
		11	3, 01	3, 06	3, 12	3, 18	3, 25	3, 33	3, 43	3, 54	21	0,38	51	1,23
		21	0, 00	0, 00	0, 00	0, 00	0,00	0, 00	0, 00	0, 00	22	0,40	52	1,27
Soustractive.		31	3, 02	3, 07	3, 13	3, 18	3, 25	3, 34	3, 43	3, 54	23	0,42	53	1,33
	Janvier. .	10	5, 89	6, 00	6, 10	6, 36	6, 50	6, 67	6, 86	6, 92	24	0,44	54	1,38
		19	8, 42	8, 64	8. 80	8, 96	9, 16	9, 39	9, 67	9, 98	25	0,47	55	1,43
		29	10, 74	10, 91	11, 12	11, 32	11, 58	11, 90	12, 21	12, 61	26	0,45	56	1,48
	Février. .	8	12, 56	12, 77	13, 01	13, 24	13, 54	13, 88	14, 29	14, 74	27	0,51	57	1,54
		18	13. 94	14, 17	14, 45	14, 70	15, 03	15, 41	15. 86	16, 37	28	0,53	58	1,60
		28	14, 90	15, 14	15, 43	15, 71	16, 06	16, 47	16, 94	17, 48	29	0,55	59	1,66
	Mars. . . .	10	15, 37	15, 63	15, 93	16, 21	16, 57	17, 00	17, 49	18, 05			60	1,73

Multipliez par la Tangente de la Latitude, & si elle est Australe, changez les Signes.

TABLE X.

Équation pour le Midi conclu par des hauteurs correſpondantes du Soleil, ſous la Latitude de Paris.

			Moitié de l'intervalle entre les Obſervations.												
	Mois.	Jours.	2h 0′	2h ½	3h 0′	3h ½	4h 0′		Mois.	Jours.	2h 0′	2h ½	3h 0′	3h ½	4h 0′
			Sec.	*Sec.*	*Sec.*	*Sec.*	*Sec.*				*Sec.*	*Sec.*	*Sec.*	*Sec.*	*Sec.*
Equation Souſtractive.	Mars...	20	18,0	18,5	19,2	19,9	20,9	Equation additive.	Septem..	23	17,9	18,3	19,0	19,7	20,7
		26	17,4	17,8	18,5	19,3	20,3			29	18,5	18,8	19,5	20,1	21,0
	Avril...	1	16,5	17,0	17,7	18,5	19,6		Octobre..	5	18,8	19,2	19,7	20,3	21,2
		7	15,5	16,0	16,8	17,6	18,7			11	19,0	19,3	19,8	20,3	21,1
		13	14,5	15,0	15,7	16,5	17,7			17	18,9	19,2	19,6	20,1	20,8
		20	13,3	13,8	14,6	15,4	16,5			23	18,6	18,8	19,3	19,6	20,2
		26	12,0	12,6	13,3	14,1	15,2			29	18,0	18,2	18,5	18,9	19,4
	Mai....	2	10,7	11,2	12,0	12,8	13,8		Novemb.	4	17,0	17,2	17,6	17,9	18,3
		8	9,5	10,0	10,6	11,2	12,3			10	15,9	16,0	16,3	16,5	16,9
		14	8,1	8,5	9,1	9,8	10,7			16	14,4	14,5	14,7	14,9	15,2
		21	6,7	7,1	7,6	8,3	9,0			23	12,6	12,7	12,8	13,0	13,2
		27	5,4	5,7	6,1	6,6	7,3			28	10,5	10,5	10,6	10,8	
	Juin....	2	4,0	4,3	4,6	5,0	5,5		Décemb..	4	8,1	8,2	8,2	8,3	
		8	2,7	2,8	3,1	3,3	3,7			9	5,5	5,6	5,6	5,6	
		15	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8			15	2,8	2,8	2,8	2,9	
Additive.		21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Souſtractive.		21	0,0	0,0	0,0	0,0	
		27	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8			27	2,8	2,8	2,8	2,9	
	Juillet..	4	2,7	2,8	3,1	3,3	3,7		Janvier. .	2	5,5	5,6	5,6	5,7	
		10	4,0	4,3	4,6	5,0	5,5			8	8,1	8,2	8,2	8,3	
		16	5,3	5,7	6,1	6,6	7,3			14	10,5	10,6	10,7	10,8	
		22	6,7	7,1	7,6	8,2	9,0			19	12,6	12,7	12,9	13,0	13,3
		29	8,0	8,5	9,1	9,8	10,7			25	14,5	14,6	14,8	15,0	15,3
	Aouſt...	4	9,4	9,9	10,5	11,2	12,2			31	16,0	16,2	16,4	16,6	17,0
		10	10,6	11,2	11,9	12,7	13,7		Février. .	6	17,2	17,3	17,7	18,0	18,4
		16	12,0	12,5	13,2	14,0	15,1			12	18,1	18,3	18,7	19,0	19,6
		23	13,2	13,7	14,5	15,3	16,4			18	18,8	19,0	19,4	19,8	20,4
		29	14,3	14,9	15,6	16,4	17,5			24	19,1	19,4	19,8	20,3	21,0
	Septem..	4	15,4	15,9	16,6	17,5	18,6		Mars. . .	2	19,1	19,5	20,0	20,5	21,3
		10	16,4	16,9	17,6	18,4	19,4			8	19,0	19,4	20,0	20,5	21,4
		16	17,2	17,7	18,3	19,1	20,2			14	18,6	19,0	19,7	20,3	21,2
		23	17,9	18,3	19,0	19,7	20,7			20	18,0	18,5	19,2	19,9	20,9

TABLE

TABLES des Corrections qu'il faut faire aux distances du Soleil au Zénith avant que de les employer dans les Calculs de la Latitude, de l'Heure, &c.

TABLE XI.
Des demi-Diametres du Soleil.

Mois.	Jours.	Demi-Diam. M.	S.	Jours.	Mois.
Janv.	1	16	18	25	
	7	16	18	19	
	13	16	17	13	
	19	16	17	7	
	25	16	16	1	Déc.
Févr.	1	16	15	25	
	7	16	14	19	
	13	16	13	13	
	19	16	12	7	
	25	16	10	1	Nov.
Mars.	1	16	9	25	
	7	16	8	19	
	13	16	6	13	
	19	16	4	7	
	25	16	3	1	Octob.
Avril.	1	16	1	25	
	7	15	59	19	
	13	15	58	13	
	19	15	56	7	
	25	15	54	1	Sept.
Mai.	1	15	53	25	
	7	15	52	19	
	13	15	50	13	
	19	15	49	7	
	25	15	48	1	Aoust.
Juin.	1	15	47	25	
	7	15	46	19	
	13	15	46	13	
	19	15	46	7	
	25	15	45	1	Juil.

TABLE XIV.
Parallaxe du Soleil.

Distance au Zénith. Deg.	Parallaxe. Sec.
0	0, 0
10	1, 5
20	2, 9
30	4, 2
40	5, 5
50	6, 5
60	7, 4
70	8, 0
80	8, 4
90	8, 5

TABLE XII.
DES RÉFRACTIONS.

Distance appar. au Zén. Degrés.	Réfract. Sec.	Distance appar. au Zén. D.	M.	Réfract. M.	S.	Distance appar. au Zén. D.	M.	Réfract. M.	S.	Distance appar. au Zén. D.	M.	Réfract. M.	S.	Distance appar. au Zén. D.	M.	Réfract. M.	S.
0	0	40	0	0	56	70	0	2	55	77	50	4	41	84	30	9	23
1	1	41	0	0	58	70	20	2	57	78	0	4	45	84	40	9	38
2	2	42	0	1	0	70	40	3	0	78	10	4	49	84	50	9	53
3	3	43	0	1	2	71	0	3	3	78	20	4	53	85	0	10	10
4	5	44	0	1	4	71	20	3	6	78	30	4	57	85	10	10	27
5	6	45	0	1	6	71	40	3	9	78	40	5	1	85	20	10	45
6	7	46	0	1	9	72	0	3	12	78	50	5	5	85	30	11	5
7	8	47	0	1	11	72	20	3	16	79	0	5	9	85	40	11	25
8	9	48	0	1	14	72	30	3	17	79	10	5	14	85	50	11	47
9	10	49	0	1	16	72	40	3	19	79	20	5	18	86	0	12	9
10	12	50	0	1	19	72	50	3	21	79	30	5	23	86	10	12	33
11	13	51	0	1	22	73	0	3	23	79	40	5	28	86	20	12	59
12	14	52	0	1	25	73	10	3	25	79	50	5	32	86	30	13	26
13	15	53	0	1	28	73	20	3	27	80	0	5	37	86	40	13	55
14	17	54	0	1	31	73	30	3	29	80	10	5	42	86	50	14	25
15	18	55	0	1	35	73	40	3	31	80	20	5	48	87	0	14	57
16	19	56	0	1	38	73	50	3	33	80	30	5	53	87	10	15	32
17	20	57	0	1	42	74	0	3	35	80	40	5	59	87	20	16	8
18	22	58	0	1	46	74	10	3	37	80	50	6	4	87	30	16	47
19	23	59	0	1	50	74	20	3	40	81	0	6	10	87	40	17	29
20	24	60	0	1	54	74	30	3	42	81	10	6	17	87	50	18	13
21	25	60	30	1	57	74	40	3	44	81	20	6	24	88	0	19	0
22	27	61	0	1	59	74	50	3	47	81	30	6	30	88	10	19	51
23	28	61	30	2	1	75	0	3	49	81	40	6	37	88	20	20	44
24	30	62	0	2	4	75	10	3	52	81	50	6	44	88	30	21	42
25	31	62	30	2	7	75	20	3	54	82	0	6	51	88	40	22	43
26	32	63	0	2	9	75	30	3	57	82	10	6	59	88	50	23	48
27	34	63	30	2	12	75	40	4	0	82	20	7	8	89	0	24	57
28	35	64	0	2	15	75	50	4	2	82	30	7	16	89	5	25	34
29	37	64	30	2	18	76	0	4	5	82	40	7	24	89	10	26	11
30	38	65	0	2	21	76	10	4	8	82	50	7	32	89	15	26	49
31	40	65	30	2	24	76	20	4	11	83	0	7	41	89	20	27	29
32	42	66	0	2	27	76	30	4	15	83	10	7	51	89	25	28	10
33	43	66	30	2	30	76	40	4	18	83	20	8	1	89	30	28	52
34	45	67	0	2	33	76	50	4	21	83	30	8	12	89	35	29	35
35	47	67	30	2	36	77	0	4	24	83	40	8	22	89	40	30	19
36	48	68	0	2	40	77	10	4	27	83	50	8	32	89	45	31	5
37	50	68	30	2	43	77	20	4	31	84	0	8	42	89	50	31	52
38	52	69	0	2	47	77	30	4	34	84	10	8	55	89	55	32	40
39	54	69	30	2	51	77	40	4	38	84	20	9	9	90	0	33	30

TABLE XIII.
Pour l'inclinaison de l'Horison de la Mer.

Élévation de l'œil au-dessus de la Mer. Pd.	Pou.	Inclinaison. M.	S.
0	11	1	0
2	1	1	30
3	2	1	50
3	9	2	0
5	2	2	20
5	11	2	30
7	8	2	50
9	7	3	10
10	7	3	20
11	8	3	30
12	10	3	40
14	0	3	50
15	3	4	0
16	6	4	10
17	11	4	20
19	3	4	30
20	9	4	40
22	3	4	50
23	10	5	0

TABLE XV.

DIFFÉRENCE des Méridiens en Heures & Degrés, entre l'Observatoire Royal de Paris & les principaux Lieux de la Terre, avec leur Latitude ou Hauteur du Pôle.

NOMS DES LIEUX.	Différ. des Méridiens. en Temps. H. M. S.	Différ. des Méridiens. en Deg. D. M. S.	LATITUDES ou Hauteurs du Pôle. D. M. S.
Alexandrie, *Egypte*.	1* 51. 46. or.	27. 57.	31* 11. 20. S.
Alger.	0 0. 29. oc.	0. 7.	36* 49. 30.
Antibes	0* 19. 14. or.	4. 49.	43* 34. 50.
Amsterdam.	0 10. 36. or.	2. 39.	52* 22. 45.
Angra, *ou Mouil*	1 58. 11. oc.	29. 32. 42. [illegible]	38 39. 07†
Archangel.	2* 26. 20. or.	36. 35.	64 34. 0.
Batavia, *Indes*.	6* 57. 53. or.	104. 28.	6* 9. 15. M.
Barcelonne.	0 0. 28. oc.	0 7.	41† 26. 0. S.
Bayonne	0* 15. 20. oc.	3. 50.	43* 29. 21.
Bordeaux.	0* 11. 39. oc.	2. 55.	44* 50. 18.
Brest.	0* 27. 23. oc.	6. 51.	48* 23. 0
Le Bourg, *Isle de Fer*.	1 19. 35. oc.	19. 53. 45*	27 47. 20*
Buenos-aires.	4* 3. 25. oc.	60. 51.	34* 35. 26. M.
Bourg du Cul-de-Sac-Robert.	4 13. 0. oc.	63. 15. 00.	14 42. 00. S.
Ville de la Basse-terre, *Guadel.*	4 18. 13. oc.	64. 33. 15*	16 00. 00*
Cadix.	0* 34. 16. oc.	8. 34.	36† 31. 7.
Calais.	0* 1. 56. oc.	0. 29.	50* 57. 31.
la Corogne.	0 43. 2. oc.	10. 45. 30.	43 20. 00.
Candie	1* 31. 52. or.	22. 58.	35* 18. 45.
Cap de Bonne-Esp.	1* 4. 15. or.	16. 4.	33* 55. 15. M.
Cap Vert.	1* 18. 0. oc.	19. 30.	14* 43. 0. S.
Cartagène, *Amérique*.	5* 11. 5. oc.	77. 46.	10* 26. 35.
Caye-S.-Louis, *Amérique*.	5* 1. 44. oc.	75. 26.	18 19. 0.

NOMS DES LIEUX.	Différ. des Méridiens. en Temps. H. M. S.	Différ. des Méridiens. en Dég. D. M. S.	LATITUDES ou Hauteurs du Pôle. D. M. S.
Cayenne, *Amérique*.	3* 38. 20. oc.	54. 35.	4* 56. 0
Chandernagor.	5* 44. 37. or.	86. 9.	22* 51. 26.
Cherbourg.	0* 15. 53. oc.	3. 58.	49* 38. 26.
Constantinople.	1* 46. 25. or.	26. 36.	41* 1. 0.
Copenhague.	0* 41. 0. or.	10. 15.	55. 40. 45.
Cap Ortégal.	0 39. 52. oc.	9. 58. 00.	43. 46. 37.
Cap Finistere.	0 46. 34. oc.	11. 38. 30*	42. 51. 50*
Cap S. Vincent.	0 45. 34. oc.	11. 23. 36.	37. 00. 00.
Ceuta (à la pointe.	0 31. 3. oc.	7. 45. 40.	35. 49. 30.
Cap François, *Isle de S. Domingue*.	4 58. 42. oc.	74. 40. 30*	19. 47. 04*
Tour de Chassiron.	0 15. 1. oc.	3. 45. 13.	46. 02. 50.
Dantzic.	1* 4. 44. or.	16. 11.	54† 22. 23.
Dieppe.	0* 5. 3. oc.	1. 16.	49* 55. 17.
Dunkerque.	0* 0. 10. or.	0. 2.	51* 2. 4.
Isle d'Aix.	0 14. 4. oc.	3. 31. 05.	46. 00. 15.
Edimbourg.	0 21. 41. oc.	5. 25.	55. 58. 0.
Férol.	0 42. 3. oc.	10. 30. 45.	43. 29. 30.
Fort S. Pierre *Mar.*	4 14. 11. oc.	63. 32. 45.	14. 44. 00*
Isles Barlingues, la plus Nord.	0 47. 47. oc.	11. 56. 46. [illegible]	39. 20 4.
Funchal, *Isle de Madere*.	1 17. 14. oc.	19. 18. 30*	32. 38. 30*
Fort-Royal *Marti.*	4 13. 43. oc.	63. 25. 45*	14. 35. 46½*
Gênes.	0* 25. 3. or.	6. 16.	44* 25. 0.
Goa, *Indes*.	4* 45. 40. or.	71. 25.	15* 31. 0.
Greenwich observ.	0* 9. 16. oc.	2. 19.	51* 28. 40.

TABLE XV.

DIFFÉRENCE des Méridiens en Heures & Degrés entre l'Obſervatoire Royal de Paris & les principaux Lieux de la Terre, avec leur Latitude ou Hauteur du Pôle.

NOMS DES LIEUX.	Differ. des Méridiens. en Temps.	Differ. des Méridiens. en Deg.	LATITUDES ou Hauteurs du Pôle.
	H. M. S.	*D. M. S.*	*D. M. S.*
Gibraltar.	0 31. 17. *oc.*	7. 49. 10.	36 06. 20. S.
Granville.	0* 15. 48. *oc.*	3. 57.	48* 50. 11.
Iſle de France, *Port-Louis*.	3* 40. 32. *or.*	55. 8.	20. 9. 45. M.
Iſle de Gorée.	1 18. 56. *oc.*	19. 44. 00. ☼	14 40. 00* S.
Iſle de l'Aſcenſion.	1* 5. 16. *oc.*	16. 19.	7* 57. 0. M.
Iſle de Mai, *Cap. Vert, Côte or.*	1 41. 36. *oc.*	25. 24. 00. ☼	15. 07. 00† S.
Iſle de Bourbon, *S. Denis.*	3* 32. 40. *or.*	53. 10.	20* 51. 43. M.
Iſle S. Michel, Açor. *à la pointe oc.*	1 53. 19. *oc.*	28. 19. 49. ☼	37 49. 41†
Iſle Ste Marie, *la pte. de l'Oueſt.*	1 50. 9. *oc.*	27. 32. 10. ☼	36 57. 23†
Kébec, *Canada*	4* 48. 52. *oc.*	72. 13.	46* 55. 0. S.
Lima, *Pérou.*	5* 16. 38. *oc.*	79. 10.	12* 1. 15. M.
Liſbon. Cong. orat.	0* 45. 55. *oc.*	11. 29.	38* 42. 20. S.
Louiſbourg.	4* 9. 0. *oc.*	62. 15.	45* 53. 45.
Londres	0* 9. 41. *oc.*	2. 25.	51* 31. 0.
Ville de Laguna.	1 14. 38. *oc.*	18. 39. 30*	28 28. 57*
Ville de Lorotava.	1 15. 2. *oc.*	18. 45. 26.	28 23. 02*
Macao, *Chine*	7* 25. 45. *or.*	111. 26.	22 12. 44*
Madrid, *grande Place.*	0* 23. 3. *oc.*	5. 46.	40* 25. 20.
Mahon, *Fort S. Philippe.*	0* 5. 54. *or.*	1. 28.	39* 50. 46.
Malaca, *Indes.*	6* 39. 0. *or.*	99. 45.	2* 12. 0.
Malthe.	0* 48. 34. *or.*	12. 10.	35* 54. 0.
Manille, *Indes*	7 54. 5. *or.*	118. 31.	14 36. 8.
Marſeille.	0* 12. 9. *or.*	3. 2.	43* 17. 45.
Martinique, *Cul de Sac Robert.*	4* 13. 16. *oc.*	63. 19.	14* 43. 9.
Mexique, *Amér.*	6 47. 30. *oc.*	106. 0.	19 25. 50.
Naples, *College R.*	0* 47. 30. *or.*	11. 52.	40* 50. 15.
Nice	0* 19. 49. *or.*	4. 57.	43* 41. 54.
Nouveau Salé.	0 35. 52. *oc.*	8. 58.	33 59.
Nieuport.	0* 1. 40. *or.*	0. 25.	51 7. 41. S.
Nouvelle Orléans.	6* 9. 15. *oc.*	92. 19.	29* 57. 45.
Olinde, *Bréſil.*	2 30. 0. *oc.*	37. 30.	8 13. 0. M.
Paris, *à l'Obſerv.*	0* 0. 0.	0* 0.	48* 50. 12. S.
Pic des Açores.	2 2. 0. *oc.*	30. 30.	38. 35. 0.
Pic de Ténérife.	1* 15. 28. *oc.*	18. 52.	28* 12. 54.
Pondichéry.	5* 10. 4. *or.*	77. 31.	11 56. 30.
Portobelo, *Amér.*	5* 28. 40. *oc.*	82. 10.	9* 33. 5.
La Praya *au Mouil.*	1 43. 20. *oc.*	25. 50. 00. ☼	14 52. 33†
Le Pic, *Iſle de Fuég.*	1 46. 48. *oc.*	26. 42. 07. ☼	14. 55. 38†
Le Pic, *Iſle du Pic.*	2 3. 15. *oc.*	30. 48. 41. ☼	38 35. 00*
Quanton, *Chine.*	7* 22. 53. *or.*	110. 43.	23* 8. 0.
Rio Janeïro.	3* 0. 20. *oc.*	45. 5.	22 54. 10. M.
Rochefort	0 13. 14. *oc.*	3. 18. 34.	45. 57. 0.
la Rochelle.	0* 14. 23. *oc.*	3. 36.	46* 9. 43. S.
Rodrigues, *Indes.*	4* 3. 26. *or.*	60. 52.	19* 40. 30. M.
Rouen.	0* 4. 59. *oc.*	1. 15.	49* 26. 43. S.
S. Malo	0* 17. 29. *oc.*	4. 22.	48* 38. 59.
Ste. Marthe, *Amér.*	5 5. 38. *oc.*	76. 25.	11 26. 40.
Siam, *Indes.*	6* 34. 0. *or.*	98. 30.	14* 18. 0.
Smirne.	1* 39. 59. *or.*	25. 0.	38* 28. 7.
Stokolm.	1† 2. 50. *or.*	15. 43.	59† 20. 30.
Surate	4 40. 0. *or.*	70. 0.	21† 10. 0.
SteCroix, *Iſle Tén.*	1 14. 24.	18. 36. 00.	28 29. 30†
Toulon	0* 14. 26. *or.*	3. 37.	43* 7. 24.
Tripoli, *Barbarie.*	0* 43. 1. *or.*	10. 45.	32* 53. 40.
Veniſe	0* 38. 58. *or.*	9. 45.	45† 27. 7.

TABLE XVI.

Pour réduire le Temps en Degrés de Longitude.

Heures.	Degrés.	Min. / Sec. / Tierces.	D. M. / M. S. / S. T.	Min. / Sec. / Tierces.	D. M. / M. S. / S. T.
1.	15.	1.	0. 15	31.	7. 45
2.	30.	2.	0. 30	32.	8. 0
3.	45.	3.	0. 45	33.	8. 15
4.	60.	4.	1. 0	34.	8. 30
5.	75.	5.	1. 15	35.	8. 45
6.	90.	6.	1. 30	36.	9. 0
7.	105.	7.	1. 45	37.	9. 15
8.	120.	8.	2. 0	38.	9. 30
9.	135.	9.	2. 15	39.	9. 45
10.	150.	10.	2. 30	40.	10. 0
11.	165.	11.	2. 45	41.	10. 15
12.	180.	12.	3. 0	42.	10. 30
13.	195.	13.	3. 15	43.	10. 45
14.	210.	14.	2. 30	44.	11. 0
15.	225.	15.	3. 45	45.	11. 15
16.	240.	16.	4. 0	46.	11. 30
17.	255.	17.	4. 15	47.	11. 45
18.	270.	18.	4. 30	48.	12. 0
19.	285.	19.	4. 45	49.	12. 15
20.	300.	20.	5. 0	50.	12. 30
21.	315.	21.	5. 15	51.	12. 45
22.	330.	22.	5. 30	52.	13. 0
23.	345.	23.	5. 45	53.	13. 15
24.	360.	24.	6. 0	54.	13. 30
		25.	6. 15	55.	13. 45
		26.	6. 30	56.	14. 0
		27.	6. 45	57.	14. 15
		28.	7. 0	58.	14. 30
		29.	7. 15	59.	14. 45
		30.	7. 30	60.	15. 0

USAGE.

On veut ſavoir combien 19 heures 41 minutes 45 ſecondes valent de degrés.

Vis-à-vis de 19 heures, on trouve 285 degrés; & vis-à-vis de 41 minutes, on a 10 degrés 15 minutes; vis-à-vis de 45 ſecondes, on a 11 minutes 15 ſecondes. Les 19 heures 41 minutes 45 ſecondes valent donc 295 deg. 26 min. 15 ſecondes.

TABLE XVII.

Pour réduire en Temps les Degrés de Longitude.

Deg. / Min. / Sec.	H. M. / M. S. / S. T.	Deg. / Min. / Sec.	H. M. / M. S. / S. T.	Degrés	Heures . . . . Minutes . .
1.	0. 4	31.	2. 4	70.	4. 40
2.	0. 8	32.	2. 8	80.	5. 20
3.	0. 12	33.	2. 12	90.	6. 0
4.	0. 16	34.	2. 16	100.	6. 40
5.	0. 20	35.	2. 20	110.	7. 20
6.	0. 24	36.	2. 24	120.	8. 0
7.	0. 28	37.	2. 28	130.	8. 40
8.	0. 32	38.	2. 32	140.	9. 20
9.	0. 36	39.	2. 36	150.	10. 0
10.	0. 40	40.	2. 40	160.	10. 40
11.	0. 44	41.	2. 44	170.	11. 20
12.	0. 48	42.	2. 48	180.	12. 0
13.	0. 52	43.	2. 52	190.	12. 40
14.	0. 56	44.	2. 56	200.	13. 20
15.	1. 0	45.	3. 0	210.	14. 0
16.	1. 4	46.	3. 4	220.	14. 40
17.	1. 8	47.	3. 8	230.	15. 20
18.	1. 12	48.	3. 12	240.	16. 0
19.	1. 16	49	3. 16	250.	16. 40
20.	1. 20	50.	3. 20	260.	17. 20
21.	1. 24	51.	3. 24	270.	18. 0
22.	1. 28	52.	3. 28	280.	18. 40
23.	1. 32	53.	3. 32	290.	19. 20
24.	1. 36	54.	3. 36	300.	20. 0
25.	1. 40	55.	3. 40	310.	20. 40
26.	1. 44	56.	3. 44	320.	21. 20
27.	1. 48	57.	3. 48	330.	22. 0
28.	1. 52	58.	3. 52	340.	22. 40
29.	1. 56	59.	3. 56	350.	23. 20
30.	2. 0	60.	4. 0	360.	24. 0

USAGE.

On veut ſavoir combien valent d'heures 50 deg. 25 min. 15 ſecondes.

Vis-à-vis de 50 pris pour des degrés, on trouve 3^{h} 20'; vis-à-vis de 25 pris pour des minutes, on a 1^{m}. 40^{s}.; & vis-à-vis de 15 ſec. on a 1^{s}. de degré. Les 50 deg. 25' 15 ſecondes valent donc 3 heures 21^{m}. 41 ſecondes.

TABLE

TABLE

DES

LOGARITHMES

DES SINUS.

′	Sinus 0	Sin. 1	Sin. 2	Sin. 3	Sin. 4	Sin. 5	Sin. 6	Sin. 7	Sin. 8	Sin. 9
0	Inf. neg.	8.241855	8.542819	8.718800	8.843585	8.940296	9.019235	9.085894	9.143555	9.194332
1	6.463726	8.249033	8.546422	8.721204	8.845387	8.941738	9.020435	9.086922	9.144453	9.195129
2	6.764756	8.256094	8.549995	8.723595	8.847183	8.943174	9.021632	9.087947	9.145349	9.195925
3	6.940847	8.263042	8.553539	8.725972	8.848971	8.944606	9.022825	9.088970	9.146243	9.196719
4	7.065786	8.269881	8.557054	8.728337	8.850751	8.946034	9.024016	9.089990	9.147136	9.197511
5	7.162696	8.276614	8.560540	8.730688	8.852525	8.947450	9.025203	9.091008	9.148026	9.198302
6	7.241877	8.283243	8.563999	8.733027	8.854291	8.948874	9.026386	9.092024	9.148915	9.199091
7	7.308824	8.289773	8.567431	8.735354	8.856049	8.950287	9.027567	9.093037	9.149802	9.199879
8	7.366816	8.296207	8.570836	8.737667	8.857801	8.951696	9.028744	9.094047	9.150686	9.200666
9	7.417968	8.302546	8.574214	8.739969	8.859546	8.953100	9.029918	9.095056	9.151569	9.201451
10	7.463725	8.308794	8.577566	8.742259	8.861283	8.954499	9.031089	9.096062	9.152451	9.202234
11	7.505118	8.314954	8.580892	8.744536	8.863014	8.955894	9.032257	9.097065	9.153330	9.203017
12	7.542906	8.321027	8.584193	8.746802	8.864738	8.957284	9.033421	9.098066	9.154208	9.203797
13	7.577668	8.327016	8.587469	8.749055	8.866455	8.958670	9.034582	9.099065	9.155083	9.204577
14	7.609853	8.332924	8.590721	8.751297	8.868165	8.960052	9.035741	9.100062	9.155957	9.205354
15	7.639816	8.3387[illegible]	8.[illegible]3948	8.75[illegible]28	8.86[illegible]	8.96142[illegible]	9.0368[illegible]	[illegible]56	9.156830	9.206131
16	7.667844	8.34450[illegible]	8.[illegible]97152	8.75[illegible]47	8.87[illegible]65	8.9628[illegible]	[illegible].038048	[illegible]102048	9.157700	9.206906
17	7.694173	8.35018[illegible]	8.[illegible]00332	8.75[illegible]55	8.87[illegible]55	8.9641[illegible]	[illegible]039197	[illegible]103037	9.158569	9.207679
18	7.718997	8.3557[illegible]	[illegible]03489	[illegible]51	8.87[illegible]	[illegible].965[illegible]	[illegible]040342	[illegible]04025	9.159435	9.208452
19	7.742477	8.361315	8.606623	8.762337	8.876615	8.966893	9.041485	9.105010	9.160301	9.209222
20	7.764754	8.366777	8.609734	8.764511	8.878285	8.968249	9.042625	9.105992	9.161164	9.209992
21	7.785943	8.372171	8.612823	8.766675	8.879949	8.969600	9.043762	9.106973	9.162025	9.210760
22	7.806146	8.377499	8.615891	8.768828	8.881607	8.970947	9.044895	9.107951	9.162885	9.211526
23	7.825451	8.382762	8.618937	8.770970	8.88[illegible]58	8.972289	9.046026	9.108927	9.163743	9.212291
24	7.843934	8.387962	8.621962	8.773101	8.884903	8.973628	9.047154	9.109901	9.164600	9.213055
25	7.861662	8.393101	8.624965	8.775223	8.886542	8.974962	9.048279	9.110873	9.165454	9.213818
26	7.878695	8.398179	8.627948	8.777333	8.888174	8.976293	9.049400	9.111842	9.166307	9.214579
27	7.895085	8.403199	8.630911	8.779434	8.889801	8.977619	9.050519	9.112809	9.167159	9.215338
28	7.910879	8.408161	8.633854	8.781524	8.891421	8.978941	9.051635	9.113774	9.168008	9.216097
29	7.9[illegible]11[illegible]	8.41[illegible]68[illegible]	8.636[illegible]76	[illegible].7836[illegible]	8.893[illegible]5	8.9[illegible]29	9.05[illegible]49	9.[illegible]147[illegible]	9.[illegible]88[illegible]6	9.216[illegible]54
30	7.940[illegible]	8.41[illegible]	8.639[illegible]80[illegible]	[illegible].78567[illegible]	8.894643	8.9[illegible]573	9.0[illegible]3859	9.[illegible]156[illegible]	9.[illegible]697[illegible]	9.217[illegible]09
31	7.9[illegible]	8.4[illegible]	[illegible].642[illegible]	[illegible]787730	8.896246	8.98[illegible]	9.0[illegible]906	9.[illegible]56	9.17[illegible]47	9.[illegible]363
32	7.968870	8.427462	8.645428	8.789787	8.897842	8.984189	9.056071	9.117613	9.171389	9.219116
33	7.982233	8.432156	8.648274	8.791828	8.899432	8.985491	9.057172	9.118567	9.172230	9.219868
34	7.995198	8.436800	8.651102	8.793859	8.901017	8.986789	9.058271	9.119519	9.173070	9.220618
35	8.007787	8.441394	8.653911	8.795881	8.902596	8.988083	9.059367	9.120469	9.173908	9.221367
36	8.020021	8.445[illegible]	8.6[illegible]67[illegible]	8.797[illegible]4	8.[illegible]04169	8.989374	[illegible].06046[illegible]	9.1[illegible]	9.174744	9.222115
37	8.031919	8.4504[illegible]	8.6[illegible]9475	8.79[illegible]897	8.[illegible]0573[illegible]	8.990660	[illegible].06155[illegible]	9.1[illegible]36[illegible]	9.175578	9.222861
38	8.043501	8.45[illegible]	8.66[illegible]0	8.[illegible]01[illegible]2	8.[illegible]072[illegible]	8.991943	[illegible]062[illegible]	9.12[illegible]	9.176411	9.223606
39	8.054781	8.459301	8.664968	8.803876	8.908853	8.993222	9.063724	9.124248	9.177242	9.224349
40	8.065776	8.463665	8.667689	8.805852	8.910404	8.994497	9.064806	9.125187	9.178072	9.225092
41	8.076500	8.467985	8.670393	8.807819	8.911949	8.995768	9.065885	9.126125	9.178900	9.225833
42	8.086965	8.472263	8.673080	8.809777	8.913488	8.997036	9.066962	9.127060	9.179726	9.226573
43	8.097183	8.476498	8.675751	8.811726	8.915022	8.998299	9.068036	9.127993	9.180551	9.227311
44	8.107167	8.480693	8.678405	8.813667	8.916550	8.999560	9.069107	9.128925	9.181374	9.228048
45	8.116926	8.484848	8.681043	8.815599	8.918073	9.000816	9.070176	9.129854	9.182196	9.228784
46	8.126471	8.488963	8.683665	8.817522	8.919591	9.002069	9.071242	9.130781	9.183016	9.229518
47	8.135810	8.493040	8.686272	8.819436	8.921103	9.003318	9.072306	9.131706	9.183834	9.230252
48	8.144953	8.497078	8.688863	8.821343	8.922610	9.004563	9.073366	9.132630	9.184651	9.230984
49	8.153907	8.501080	8.691438	8.823240	8.924112	9.005805	9.074424	9.133551	9.185466	9.231715
50	8.162681	8.505045	8.693998	8.825130	8.925609	9.007044	9.075480	9.134470	9.186280	9.232444
51	8.171280	8.508974	8.696543	8.827011	8.827100	9.008278	9.076533	9.135387	9.187092	9.233172
52	8.179713	8.512867	8.699073	8.828884	8.928587	9.009510	9.077583	9.136303	9.187903	9.233899
53	8.187985	8.516726	8.701589	8.830749	8.930068	9.010737	9.078631	9.137216	9.188712	9.234625
54	8.196102	8.520551	8.704090	8.832607	8.931544	9.011962	9.079676	9.138128	9.189519	9.235349
55	8.204070	8.524343	8.706577	8.834456	8.933015	9.013182	9.080719	9.139037	9.190325	9.236073
56	8.211895	8.528102	8.709049	8.836297	8.934481	9.014400	9.081759	9.139944	9.191130	9.236795
57	8.219581	8.531828	8.711507	8.838130	8.935942	9.015613	9.082797	9.140850	9.191933	9.237515
58	8.227133	8.535523	8.713952	8.839956	8.937398	9.016824	9.083832	9.141754	9.192734	9.238235
59	8.234557	8.539186	8.716383	8.841774	8.938850	9.018031	9.084864	9.142655	9.193534	9.238953
60	8.241855	8.542819	8.718800	8.843585	8.940296	9.019235	9.085894	9.143555	9.194332	9.23967[illegible]

′	Sinus 10	Sin. 11	Sin. 12	Sin. 13	Sin. 14	Sin. 15	Sin. 16	Sin. 17	Sin. 18	Sin. 19
0	9.239670	9.280599	9.317879	9.352088	9.383675	9.412996	9.440338	9.465935	9.489982	9.512642
1	9.240386	9.281248	9.318473	9.352635	9.384182	9.413467	9.440778	9.466348	9.490371	9.513009
2	9.241101	9.281897	9.319066	9.353181	9.384687	9.413938	9.441218	9.466761	9.490759	9.513375
3	9.241814	9.282544	9.319658	9.353726	9.385192	9.414408	9.441658	9.467173	9.491147	9.513741
4	9.242526	9.283190	9.320249	9.354271	9.385697	9.414878	9.442096	9.467585	9.491535	9.514107
5	9.243237	9.283836	9.320840	9.354815	9.386201	9.415347	9.442535	9.467996	9.491922	9.514472
6	9.243947	9.284480	9.321430	9.355358	9.386704	9.415815	9.442973	9.468407	9.492308	9.514837
7	9.244656	9.285124	9.322019	9.355901	9.387207	9.416283	9.443410	9.468817	9.492695	9.515202
8	9.245363	9.285766	9.322607	9.356443	9.387709	9.416751	9.443847	9.469227	9.493081	9.515566
9	9.246069	9.286408	9.323194	9.356984	9.388210	9.417217	9.444284	9.469637	9.493466	9.515930
10	9.246775	9.287048	9.323780	9.357524	9.388711	9.417684	9.444720	9.470046	9.493851	9.516294
11	9.247478	9.287688	9.324366	9.358064	9.389211	9.418150	9.445155	9.470455	9.494236	9.516657
12	9.248181	9.288326	9.324950	9.358603	9.389711	9.418615	9.445590	9.470863	9.494621	9.517020
13	9.248883	9.288964	9.325534	9.359141	9.390210	9.419079	9.446025	9.471271	9.495005	9.517382
14	9.249583	9.289600	9.326117	9.359678	9.390708	9.419544	9.446459	9.471679	9.495388	9.517745
15	9.250282	9.290236	9.326700	9.360215	9.391206	9.420007	9.446893	9.472086	9.495772	9.518107
16	9.250980	9.290870	9.327281	9.360752	9.391703	9.420470	9.447326	9.472492	9.496154	9.518468
17	9.251677	9.291504	9.327862	9.361287	9.392199	9.420933	9.447759	9.472898	9.496537	9.518829
18	9.252373	9.292137	9.328442	9.361822	9.392695	9.421395	9.448191	9.473304	9.496919	9.519190
19	9.253067	9.292768	9.329021	9.362356	9.393191	9.421857	9.448623	9.473710	9.497301	9.519551
20	9.253761	9.293399	9.329599	9.362889	9.393685	9.422318	9.449054	9.474115	9.497682	9.519911
21	9.254453	9.294029	9.330176	9.363422	9.394179	9.422778	9.449485	9.474519	9.498064	9.520271
22	9.255144	9.294658	9.330752	9.363954	9.394673	9.423238	9.449915	9.474923	9.498444	9.520631
23	9.255834	9.295286	9.331329	9.364485	9.395166	9.423697	9.450345	9.475327	9.498825	9.520990
24	9.256523	9.295913	9.331903	9.365016	9.395658	9.424156	9.450775	9.475730	9.499204	9.521349
25	9.257211	9.296539	9.332478	9.365546	9.396150	9.424615	9.451204	9.476133	9.499584	9.521707
26	9.257898	9.297164	9.333051	9.366075	9.396641	9.425073	9.451632	9.476536	9.499963	9.522066
27	9.258583	9.297788	9.333624	9.366604	9.397132	9.425530	9.452060	9.476938	9.500342	9.522424
28	9.259268	9.298412	9.334195	9.367131	9.397621	9.425987	9.452488	9.477340	9.500721	9.522781
29	9.259951	9.299034	9.334767	9.367659	9.398111	9.426443	9.452915	9.477741	9.501099	9.523138
30	9.260633	9.299655	9.335337	9.368185	9.398600	9.426899	9.453342	9.478142	9.501476	9.523495
31	9.261314	9.300276	9.335906	9.368711	9.399088	9.427354	9.453768	9.478542	9.501854	9.523852
32	9.261994	9.300895	9.336475	9.369236	9.399575	9.427809	9.454194	9.478942	9.502231	9.524208
33	9.262673	9.301514	9.337043	9.369761	9.400062	9.428263	9.454619	9.479342	9.502607	9.524564
34	9.263351	9.302132	9.337610	9.370285	9.400549	9.428717	9.455044	9.479741	9.502984	9.524920
35	9.264027	9.302748	9.338176	9.370808	9.401035	2.429170	9.455469	9.480140	9.503360	9.525275
36	9.264703	9.303364	9.338742	9.371330	9.401520	9.429623	9.455893	9.480539	9.503735	9.525630
37	9.265377	9.303979	9.339307	9.371852	9.402005	9.430075	9.456316	9.480937	9.504110	9.525984
38	9.266051	9.304593	9.339871	9.372373	9.402489	9.430527	9.456739	9.481334	9.504485	9.526339
39	9.266723	9.305207	9.340434	9.372894	9.402972	9.430978	9.457162	9.481731	9.504860	9.526693
40	9.267395	9.305819	9.340996	9.373414	9.403455	9.431429	9.457584	9.482128	9.505234	9.527046
41	9.268065	9.306430	9.341558	9.373933	9.403938	9.431879	9.458006	9.482525	9.505608	9.527400
42	9.268734	9.307041	9.342119	9.374452	9.404420	9.432329	9.458427	9.482921	9.505981	9.527753
43	9.269402	9.307650	9.342679	9.374970	9.404901	9.432778	9.458848	9.483316	9.506354	9.528105
44	9.270069	9.308259	9.343239	9.375487	9.405382	9.433226	9.459268	9.483712	9.506727	9.528458
45	9.270735	9.308867	9.343797	9.376003	9.405862	9.433675	9.459688	9.484107	9.507099	9.528810
46	9.271400	9.309474	9.344355	9.376519	9.406341	9.434122	9.460108	9.484501	9.507471	9.529161
47	9.272064	9.310080	9.344912	9.377035	9.406820	9.434569	9.460527	9.484895	9.507843	9.529513
48	9.272726	9.310685	9.345469	9.377549	9.407299	9.435016	9.460946	9.485289	9.508214	9.529864
49	9.273388	9.311289	9.346024	9.378063	9.407777	9.435462	9.461364	9.485682	9.508585	9.530215
50	9.274049	9.311893	9.346579	9.378577	9.408254	9.435908	9.461782	9.486065	9.508956	9.530565
51	9.274708	9.312495	9.347134	9.379089	9.408731	9.436353	9.462199	9.486467	9.509326	9.530915
52	9.275367	9.313097	9.347687	9.379601	9.409207	9.436798	9.462616	9.486860	9.509696	9.531265
53	9.276025	9.013698	9.348240	9.380113	9.409682	9.437242	9.463032	9.487251	9.510065	9.531614
54	9.276681	9.314297	9.348792	9.380624	9.410157	9.437686	9.463448	9.487643	9.510434	9.531963
55	9.277337	9.314897	9.349343	9.381134	9.410632	9.438129	9.463864	9.488034	9.510803	9.532312
56	9.277991	9.315495	9.349893	9.381643	9.411106	8.438572	9.464279	9.488424	9.511172	9.532661
57	9.278645	9.316092	9.350443	9.382152	9.411579	9.439014	9.464694	9.488814	9.511540	9.533009
58	9.279297	9.316689	9.350992	9.382661	9.412052	9.439456	9.465108	9.489204	9.511907	9.533357
59	9.279948	9.317284	9.351540	9.383168	9.412524	9.439897	9.465522	9.489593	9.512275	9.533704
60	9.280599	9.317879	9.352088	9.383675	9.412996	9.440338	9.465935	9.489982	9.512642	9.534052

′	Sinus 20	Sin. 21	Sin. 22	Sin. 23	Sin. 24	Sin. 25	Sin. 26	Sin. 27	Sin. 28	Sin. 29
0	9.534052	9.554329	9.573575	9.591878	9.609313	9.625948	9.641842	9.657047	9.671609	9.685571
1	9.534399	9.554658	9.573888	9.592176	9.609597	9.626219	9.642101	9.657295	9.671847	9.685799
2	9.534745	9.554987	9.574200	9.592473	9.609880	9.626490	9.642360	9.657542	9.672084	9.686027
3	9.535092	9.555315	9.574512	9.592770	9.610164	9.626760	9.642618	9.657790	9.672321	9.686254
4	9.535438	9.555643	9.574824	9.593067	9.610447	9.627030	9.642877	9.658037	9.672558	9.686482
5	9.535783	9.555971	9.575136	9.593363	9.610729	9.627300	9.643135	9.658284	9.672795	9.686709
6	9.536129	9.556299	9.575447	9.593659	9.611012	9.627570	9.643393	9.658531	9.673032	9.686936
7	9.536474	9.556626	9.575758	9.593955	9.611294	9.627840	9.643650	9.658778	9.673268	9.687163
8	9.536818	9.556953	9.576069	9.594251	9.611576	9.628109	9.643908	9.659025	9.673505	9.687389
9	9.537163	9.557280	9.576379	9.594547	9.611858	9.628378	9.644165	9.659271	9.673741	9.687616
10	9.537507	9.557606	9.576689	9.594842	9.612140	9.628647	9.644423	9.659517	9.673977	9.687843
11	9.537851	9.557932	9.576999	9.595137	9.612421	9.628916	9.644680	9.659763	9.674213	9.688069
12	9.538194	9.558258	9.577309	9.595432	9.612702	9.629185	9.644936	9.660009	9.674448	9.688295
13	9.538538	9.558583	9.577618	9.595727	9.612983	9.629453	9.645193	9.660255	9.674684	9.688521
14	9.538880	9.558909	9.577927	9.596021	9.613264	9.629721	9.645450	9.660501	9.674919	9.688747
15	9.539223	9.559234	9.578236	9.596315	9.613545	9.629989	9.645706	9.660746	9.675155	9.688972
16	9.539565	9.559558	9.578545	9.596609	9.613825	9.630257	9.645962	5.660991	9.675390	9.689198
17	9.539907	9.559883	9.578853	9.596903	9.614105	9.630524	9.646218	9.661236	9.675624	9.689423
18	9.540249	9.560207	9.579162	9.597196	9.614385	9.630792	9.646474	9.661481	9.675859	9.689648
19	9.540590	9.560531	9.579470	9.597490	9.614665	9.631059	9.646729	9.661726	9.676094	9.689873
20	9.540931	9.560855	9.579777	9.597783	9.614944	9.631326	9.646984	9.661970	9.676328	9.690098
21	9.541272	9.561178	9.580085	9.598075	9.615223	9.631593	9.647240	9.662214	9.676562	9.690323
22	9.541613	9.561501	9.580392	9.598368	9.615502	9.631859	9.647494	9.662459	9.676796	9.690548
23	9.541953	9.561824	9.580699	9.598660	9.615781	9.632125	9.647749	9.662703	9.677030	9.690772
24	9.542293	9.562146	9.581005	9.598952	9.616060	9.632392	9.648004	9.662946	9.677264	9.690996
25	9.542632	9.562468	9.581312	9.599244	9.616338	9.632658	9.648258	9.663190	9.677498	9.691220
26	9.542971	9.562790	9.581618	9.599536	9.616616	9.632923	9.648512	9.663433	9.677731	9.691444
27	9.543310	9.563112	9.581924	9.599827	9.616894	9.633189	9.648766	9.663677	9.677964	9.691668
28	9.543649	9.563433	9.582229	9.600118	9.617172	9.633454	9.649020	9.663920	9.678197	9.691892
29	9.543987	9.563755	9.582535	9.600409	9.617450	9.633719	9.649274	9.664163	9.678430	9.692115
30	9.544325	9.564075	9.582840	9.600700	9.617727	9.633984	9.649527	9.664406	9.678663	9.692339
31	9.544663	9.564396	9.583145	9.600990	9.618004	9.634249	9.649781	9.664648	9.678895	9.692562
32	9.545000	9.564716	9.583449	9.601280	9.618281	9.634514	9.650034	9.664891	9.679128	9.692785
33	9.545338	9.565036	9.583754	9.601570	9.618558	9.634778	9.650287	9.665133	9.679360	9.693008
34	9.545674	9.565356	9.584058	9.601860	9.618834	9.635042	9.650539	9.665375	9.679592	9.693231
35	9.546011	9.565676	9.584361	9.602150	9.619110	9.635306	9.650792	9.665617	9.679824	9.693453
36	9.546347	9.565995	9.584665	9.602439	9.619386	9.635570	9.651044	9.665859	9.680056	9.693676
37	9.546683	9.566314	9.584968	9.602728	9.619662	9.635834	9.651297	9.666100	9.680288	9.693898
38	9.547019	9.566632	9.585272	9.603017	9.619938	9.636097	9.651549	9.666342	9.680519	9.694120
39	9.547354	9.566951	9.585574	9.603305	9.620213	9.636360	9.651800	9.666583	9.680750	9.694342
40	9.547689	9.567269	9.585877	9.603594	9.620488	9.636623	9.652052	9.666824	9.680982	9.694564
41	9.548024	9.567587	9.586179	9.603882	9.620763	9.636886	9.652304	9.667065	9.681213	9.694786
42	9.548359	9.567904	9.586482	9.604170	9.621038	9.637148	9.652555	9.667305	9.681443	9.695007
43	9.548693	9.568222	9.586783	9.604457	9.621313	9.637411	9.652806	9.667546	9.681674	9.695229
44	9.549027	9.568539	9.587085	9.604745	9.621587	9.637673	9.653057	9.667786	9.681905	9.695450
45	9.549360	9.568856	9.587386	9.605032	9.621861	9.637935	9.653308	9.668027	9.682135	9.695671
46	9.549693	9.569172	9.587688	9.605319	9.622135	9.638197	9.653558	9.668267	9.682365	9.695892
47	9.550026	9.569488	9.587989	9.605606	9.622409	9.638458	9.653808	9.668506	9.682595	9.696113
48	9.550359	9.569804	9.588289	9.605892	9.622682	9.638720	9.654059	9.668746	9.682825	9.696334
49	9.550692	9.570120	9.588590	9.606179	9.622956	9.638981	9.654309	9.668986	9.683055	9.696554
50	9.551024	9.570435	9.588890	9.606465	9.623229	9.639242	9.654558	9.669225	9.683284	9.696775
51	9.551356	9.570751	9.589190	9.606751	9.623502	9.639503	9.654808	9.669464	9.683514	9.696995
52	9.551687	9.571066	9.589489	9.607036	9.623774	9.639774	9.655058	9.669703	9.683743	9.697215
53	9.552018	9.571380	9.589789	9.607322	9.624047	9.640024	9.655307	9.669942	9.683972	9.697435
54	9.552349	9.571695	9.590088	9.607607	9.624319	9.640284	9.655556	9.670181	9.684201	9.697654
55	9.552680	9.572009	9.590387	9.607892	9.624591	9.640544	9.655805	9.670419	9.684430	9.697874
56	9.553010	9.572323	9.590686	9.608177	9.624863	9.640804	9.656054	9.670658	9.684658	9.698094
57	9.553341	9.572636	9.590984	9.608461	9.625135	9.641064	9.656302	9.670896	9.684887	9.698313
58	9.553670	9.572950	9.591282	9.608745	9.625406	9.641324	9.656551	9.671134	9.685115	9.698532
59	9.554000	9.573263	9.591580	9.609029	9.625677	9.641583	9.656799	9.671372	9.685343	9.698751
60	9.554329	9.573575	9.591878	9.609313	9.625948	9.641842	9.657047	9.671609	9.685571	9.698970

′	Sinus 30	Sin. 31	Sin. 32	Sin. 33	Sin. 34	Sin. 35	Sin. 36	Sin. 37	Sin. 38	Sin. 39
0	9.698970	9.711839	9.724210	9.736109	9.747562	9.758591	9.769219	9.779463	9.789342	9.798872
1	9.699189	9.712050	9.724412	9.736303	9.747749	9.758772	9.769393	9.779631	9.789504	9.799028
2	9.699407	9.712260	9.724614	9.736498	9.747936	9.758952	9.769566	9.779798	9.789665	9.799184
3	9.699626	9.712469	9.724816	9.736692	9.748123	9.759132	9.769740	9.779966	9.789827	9.799339
4	9.699844	9.712679	9.725017	9.736886	9.748310	9.759312	9.769913	9.780133	9.789988	9.799495
5	9.700062	9.712889	9.725219	6.737080	9.748497	9.759492	9.770087	9.780300	9.790149	9.799651
6	9.700280	9.713098	9.725420	9.737274	9.748683	9.759672	9.770260	9.780467	9.790310	9.799806
7	9.700498	9.713308	9.725622	9.737467	9.748870	9.759852	9.770433	9.780634	9.790471	9.799962
8	9.700716	9.713517	9.725823	9.737661	9.749056	9.760031	9.770606	9.780801	9.790632	9.800117
9	9.700933	9.713726	9.726024	9.737855	9.749243	9.760211	9.770779	9.780968	9.790793	9.800272
10	9.701151	9.713935	9.726225	9.738048	9.749429	9.760390	9.770952	9.781134	9.790954	9.800427
11	9.701368	9.714144	9.726426	9.738241	9.749615	9.760569	9.771125	9.781301	9.791115	9.800582
12	9.701585	9.714352	9.726626	9.738434	9.749801	9.760748	9.771298	9.781468	9.791275	9.800737
13	9.701802	9.714561	9.726827	9.738627	9.749987	9.760927	9.771470	9.781634	9.791436	9.800892
14	9.702019	9.714769	9.727027	9.738820	9.750172	9.761106	9.771643	9.781800	9.791596	9.801047
15	9.702236	9.714978	9.727228	9.739013	9.750358	9.761285	9.771815	9.781966	9.791757	9.801201
16	9.702452	9.715186	9.727428	9.739206	9.750543	9.761464	9.771987	9.782132	9.791917	9.801356
17	9.702669	9.715394	9.727628	9.739398	9.750729	9.761642	9.772159	9.782298	9.792077	9.801511
18	9.702885	9.715602	9.727828	9.739590	9.750914	9.761821	9.772331	9.782464	9.792237	9.801665
19	9.703101	9.715809	9.728027	9.739783	9.751099	9.761999	9.772503	9.782630	9.792397	9.801819
20	9.703317	9.716017	9.728227	9.739975	9.751284	9.762177	9.772675	9.7 2796	9.792557	9.801973
21	9.703533	9.716224	9.728427	9.740167	9.751469	9.762356	9.772847	9.782961	9.792716	9.802128
22	9.703749	9.716432	9.728626	9.740359	9.751654	9.762534	9.773018	9.783127	9.792876	9.802282
23	9.703964	9.716639	9.728825	9.740550	9.751839	9.762712	9.773190	9.783292	9.793035	9.802436
24	9.704179	9.716846	9.729024	9.740742	9.752023	9.762889	9.773361	9.783458	9.793195	9.802589
25	9.704395	9.717053	9.729223	9.740934	9.752208	9.763067	9.773533	9.783623	9.793354	9.802743
26	9.704610	9.717259	9.729422	9.741125	9.752392	9.763245	9.773704	9.783788	9.793514	9.802897
27	9.704825	9.717466	9.729621	9.741316	9.752576	9.763422	9.773875	9.783953	9.793673	9.803050
28	9.705040	9.717673	9.729820	9.741508	9.752760	9.763600	9.774046	9.784118	9.793832	9.803204
29	9.705254	9.717879	9.730018	9.741699	9.752944	9.763777	9.774217	9.784282	9.793991	9.803357
30	9.705469	9.718085	9.730217	9.741889	9.753128	9.763954	9.774388	9.784447	9.794150	9.803511
31	9.705683	9.718291	9.730415	9.742080	9.753312	9.764131	9.774558	9.784612	9.794308	9.803664
32	9.705898	9.718497	9.730613	9.742271	9.753495	9.764308	9.774729	9.784776	9.794467	9.803817
33	9.706112	9.718703	9.730811	9.742462	9.753679	9.764485	9.774899	9.784941	9.794626	9.803970
34	9.706326	9.718909	9.731009	9.742652	9.753862	9.764662	9.775070	9.785105	9.794784	9.804123
35	9.706539	9.719114	9.731206	9.742842	9.754046	9.764838	9.775240	9.785269	9.794942	9.804276
36	9.706753	9.719320	9.731404	9.743033	9.754229	9.765015	9.775410	9.785433	9.795101	9.804428
37	9.706967	9.719525	9.731602	9.743223	9.754412	9.765191	9.775580	9.785597	9.795259	9.804581
38	9.707180	9.719730	9.731799	9.743413	9.754595	9.765367	9.775750	9.785761	9.795417	9.804734
39	9.707393	9.719935	9.731996	9.743602	9.754778	9.765544	9.775920	9.785925	9.795575	9.804886
40	9.707606	9.720140	9.732193	9.743792	9.754960	9.765720	9.776090	9.786089	9.795733	9.805039
41	9.707819	9.720345	9.732390	9.743982	9.755143	9.765896	9.776259	9.786252	9.795891	9.805191
42	9.708032	9.720549	9.732587	9.744171	9.755326	9.766072	9.776429	9.786416	9.796049	9.805343
43	9.708245	9.720754	9.732784	9.744361	9.755508	9.766247	9.776598	9.786579	9.796206	9.805495
44	9.708458	9.720958	9.732980	9.744550	9.755690	9.766423	9.776767	9.786742	9.796364	9.805647
45	9.708670	9.721162	9.733177	9.744739	9.755872	9.766598	9.776937	9.786906	9.796521	9.805799
46	9.708882	9.721366	9.733373	9.744928	9.756054	9.766774	9.777106	9.787069	9.796679	9.805951
47	9.709094	9.721570	9.733569	9.745117	9.756236	9.766949	9.777275	9.787232	9.796836	9.806103
48	9.709306	9.721774	9.733765	9.745306	9.756418	9.767124	9.777444	9.787395	9.796993	9.806254
49	9.709518	9.721978	9.733961	9.745494	9.756600	9.767300	9.777613	9.787557	9.797150	9.806406
50	9.709730	9.722181	9.734157	9.745683	9.756782	9.767475	9.777781	9.787720	9.797307	9.806557
51	9.709941	9.722385	9.734353	9.745871	9.756963	9.767649	9.777950	9.787883	9.797464	9.806709
52	9.710153	9.722588	9.734548	9.746060	9.757144	9.767824	9.778119	9.788045	9.797621	9.806860
53	9.710364	9.722791	9.734744	9.746248	9.757326	9.767999	9.778287	9.788208	9.797777	9.807011
54	9.710575	9.722994	9.734939	9.746436	9.757507	9.768173	9.778455	9.788370	9.797934	9.807163
55	9.710786	9.723197	9.735135	9.746624	9.757688	9.768348	9.778624	9.788532	9.798091	9.807314
56	9.710997	9.723400	9.735330	9.746812	9.757869	9.768522	9.778792	9.788694	9.798247	9.807465
57	9.711208	9.723603	9.735525	9.746999	9.758050	9.768697	9.778960	9.788856	9.798403	9.807615
58	9.711419	9.723805	9.735719	9.747187	9.758230	9.768871	9.779128	9.789018	9.798560	9.807766
59	9.711629	9.724007	9.735914	9.747374	9.758411	9.769045	9.779295	9.789180	9.798716	9.807917
60	9.711839	9.724210	9.736109	9.747562	9.758591	9.769219	9.779463	9.789342	9.798872	9.808067

′	Sin. 40	Sin. 41	Sin. 42	Sin. 43	Sin. 44	Sin. 45	Sin. 46	Sin. 47	Sin. 48	Sin. 49
0	9.808067	9.816943	9.825511	9.833783	9.841771	9.849485	9.856934	9.864127	9.871073	9.877780
1	9.808218	9.817088	9.825651	9.833919	9.841902	9.849611	9.857056	9.864245	9.871187	9.877890
2	9.808368	9.817233	9.825791	9.834054	9.842033	9.849738	9.857178	9.864363	9.871301	9.877999
3	9.808519	9.817379	9.825931	9.834189	9.842163	9.849864	9.857300	9.864481	9.871414	9.878109
4	9.808669	9.817524	9.826071	9.834325	9.842294	9.849990	9.857422	9.864598	9.871528	9.878219
5	9.808819	9.817668	9.826211	9.834460	9.842424	9.850116	9.857543	9.864716	9.871641	9.878328
6	9.808969	9.817813	9.826351	9.834595	9.842555	9.850242	9.857665	9.864833	9.871755	9.878438
7	9.809119	9.817958	9.826491	9.834730	9.842685	9.850368	9.857786	9.864950	9.871868	9.878547
8	9.809269	9.818103	9.826631	9.834865	9.842815	9.850493	9.857908	9.865068	9.871981	9.878656
9	9.809419	9.818247	9.826770	9.834999	9.842946	9.850619	9.858029	9.865185	9.872095	9.878766
10	9.809569	9.818392	9.826910	9.835134	9.843076	9.850745	9.858151	9.865302	9.872208	9.878875
11	9.809718	9.818536	9.827049	9.835269	9.843206	9.850870	9.858272	9.865419	9.872321	9.878984
12	9.809868	9.818681	9.827189	9.835403	9.843336	9.850996	9.858393	9.865536	9.872434	9.879093
13	9.810017	9.818825	9.827328	9.835538	9.843466	9.851121	9.858514	9.865653	9.872547	9.879202
14	9.810167	9.818969	9.827467	9.835672	9.843595	9.851246	9.858635	9.865770	9.872659	9.879311
15	9.810316	9.819113	9.827606	9.835807	9.843725	9.851372	9.858756	9.865887	9.872772	9.879420
16	9.810465	9.819257	9.827745	9.835941	9.843855	9.851497	9.858877	9.866004	9.872885	9.879529
17	9.810614	9.819401	9.827884	9.836075	9.843984	9.851622	9.858998	9.866120	9.872998	9.879637
18	9.810763	9.819545	9.828023	9.836209	9.844114	9.851747	9.859119	9.866237	9.873110	9.879746
19	9.810912	9.819689	9.828162	9.836343	9.844243	9.851872	9.859239	9.866353	9.873223	9.879855
20	9.811061	9.819832	9.828301	9.836477	9.844372	9.851997	9.859360	9.866470	9.873335	9.879963
21	9.811210	9.819976	9.828439	9.836611	9.844502	9.852122	9.859480	9.866586	9.873448	9.880071
22	9.811358	9.820120	9.828578	9.836745	9.844631	9.852247	9.859601	9.866703	9.873560	9.880180
23	9.811507	9.820263	9.828716	9.836878	9.844760	9.852371	9.859721	9.866819	9.873672	9.880289
24	9.811655	9.820406	9.828855	9.837012	9.844889	9.852496	9.859842	9.866935	9.873784	9.880397
25	9.811804	9.820550	9.828993	9.837146	9.845018	9.852620	9.859962	9.867051	9.873896	9.880505
26	9.811952	9.820693	9.829131	9.837279	9.845147	9.852745	9.860082	9.867167	9.874009	9.880613
27	9.812100	9.820836	9.829269	9.837412	9.845276	9.852869	9.860202	9.867283	9.874121	9.880722
28	9.812248	9.820979	9.829407	9.837546	9.845405	9.852994	9.860322	9.867399	9.874232	9.880830
29	9.812396	9.821122	9.829545	9.837679	9.845533	9.853118	9.860442	9.867515	9.874344	9.880938
30	9.812544	9.821265	9.829683	9.837812	9.845662	9.853242	9.860562	9.867631	9.874456	9.881046
31	9.812692	9.821407	9.829821	9.837945	9.845790	9.853366	9.860682	9.867747	9.874568	9.881153
32	9.812840	9.821550	9.829959	9.838078	9.845919	9.853490	9.860802	9.867862	9.874680	9.881261
33	9.812988	9.821693	9.830097	9.838211	9.846047	9.853614	9.860922	9.867978	9.874791	9.881369
34	9.813135	9.821835	9.830234	9.838344	9.846175	9.853738	9.861041	9.868093	9.874903	9.881477
35	9.813283	9.821977	9.830372	9.838477	9.846304	9.853862	9.861161	9.868209	9.875014	9.881584
36	9.813430	9.822120	9.830509	9.838610	9.846432	9.853986	9.861280	9.868324	9.875126	9.881692
37	9.813578	9.822262	9.830646	9.838742	9.846560	9.854109	9.861400	9.868440	9.875237	9.881799
38	9.813725	9.822404	9.830784	9.838875	8.846688	9.854233	9.861519	9.868555	9.875348	9.881907
39	9.813872	9.822546	9.830921	9.839007	9.846816	9.854356	9.861638	9.868670	9.875459	9.882014
40	9.814019	9.822688	9.831058	9.839140	9.846944	9.854480	9.861758	9.868785	9.875571	9.882121
41	9.814166	9.822830	9.831195	9.839272	9.847071	9.854603	9.861877	9.868900	9.875682	9.882229
42	9.814313	9.822972	9.831332	9.839404	9.847199	9.854727	9.861996	9.869015	9.875793	9.882336
43	9.814460	9.823114	9.831469	9.839536	9.847327	9.854850	9.862115	9.869130	9.875904	9.882443
44	9.814607	9.823255	9.831606	9.839668	9.847454	9.854973	9.862234	9.869245	9.876014	9.882550
45	9.814753	9.823397	9.831742	9.839800	9.847582	9.855096	9.862353	9.869360	9.876125	9.882657
46	9.814900	9.823539	9.831879	9.839932	9.847709	9.855219	9.862471	9.869474	9.876236	9.882764
47	9.815046	9.823680	9.832015	9.840064	9.847836	9.855342	9.862590	9.869589	9.876347	9.882871
48	9.815193	9.923821	9.832152	9.840196	9.847964	9.855465	9.862709	9.869704	9.876457	9.882977
49	9.815339	9.823963	9.832288	9.840328	9.848091	9.855588	9.862827	9.869818	9.876568	9.883084
50	9.815485	9.824104	9.832425	9.840459	9.848218	9.855711	9.862946	9.869933	9.876678	9.883191
51	9.815632	9.824245	9.832561	9.840591	9.848345	9.855833	9.863064	9.870047	9.876789	9.883297
52	9.815778	9.824386	9.832697	9.840722	9.848472	9.855956	9.863183	9.870161	9.876899	9.883404
53	9.815924	9.824527	9.832833	9.840854	9.848599	9.856078	9.863301	9.870276	9.877010	9.883510
54	9.816069	9.824668	9.832969	9.840985	9.848726	9.856201	9.863419	9.870390	9.877120	9.883617
55	9.816215	9.824808	9.833105	9.841116	9.848852	9.856323	9.863538	9.870504	9.877230	9.883723
56	9.816361	9.824949	9.833241	9.841247	9.848979	9.856446	9.863656	9.870618	9.877340	9.883829
57	9.816507	9.825090	9.833377	9.841378	9.849106	9.856568	9.863774	9.870732	9.877450	9.883936
58	9.816652	9.825230	9.833512	9.841509	9.849232	9.856690	9.863892	9.870846	9.877560	9.884042
59	9.816798	9.825371	9.833648	9.841640	9.849359	9.856812	9.864010	9.870960	9.877670	9.884148
60	9.816943	9.825511	9.833783	9.841771	9.849485	9.856934	9.864127	9.871073	9.877780	9.884254

′	Sinus 50	Sin. 51	Sin. 52	Sin. 53	Sin. 54	Sin. 55	Sin. 56	Sin. 57	Sin. 58	Sin. 59
0	9.884254	9.890503	9.896532	9.902349	9.907958	9.913365	9.918574	9.923591	9.928420	9.933066
1	9.884360	9.890605	9.896631	9.902444	9.908049	9.913453	9.918659	9.923673	9.928499	9.933141
2	9.884466	9.890707	9.896729	9.902539	9.908141	9.913541	9.918745	9.923755	9.928578	9.933217
3	9.884572	9.890809	9.896828	9.902634	9.908233	9.913630	9.918830	9.923837	9.928657	9.933293
4	9.884677	9.890911	9.896926	9.902729	9.908324	9.913718	9.918915	9.923919	9.928736	9.933369
5	9.884783	9.891013	9.897025	9.902824	9.908416	9.913806	9.919000	9.924001	9.928815	9.933445
6	9.884889	9.891115	9.897123	9.902919	9.908507	9.913894	9.919085	9.924083	9.928893	9.933520
7	9.884994	9.891217	9.897222	9.903014	9.908599	9.913982	9.919169	9.924164	9.928972	9.933596
8	9.885100	9.891319	9.897320	9.903108	9.908690	9.914070	9.919254	9.924246	9.929050	9.933671
9	9.885205	9.891421	9.897418	9.903203	9.908781	9.914158	9.919339	9.924328	9.929129	9.933747
10	9.885311	9.891523	9.897516	9.903298	9.908873	9.914246	9.919424	9.924409	9.929207	9.933822
11	9.885416	9.891624	9.897614	9.903392	9.908964	9.914334	9.919508	9.924491	9.929286	9.933898
12	9.885522	9.891726	9.897712	9.903487	9.909055	9.914422	9.919593	9.924572	9.929364	9.933973
13	9.885627	9.891827	9.897810	9.903581	9.909146	9.914510	9.919677	9.924654	9.929442	9.934048
14	9.885732	9.891929	9.897908	9.903676	9.909237	9.914598	9.919762	9.924735	9.929521	9.934123
15	9.885837	9.892030	9.898006	9.903770	9.909328	9.914685	9.919846	9.924816	9.929599	9.934199
16	9.885942	9.892132	9.898104	9.903864	9.909419	9.914773	9.919931	9.924897	9.929677	9.934274
17	9.886047	9.892233	9.898202	9.903959	9.909510	9.914860	9.920015	9.924979	9.929755	9.934349
18	9.886152	9.892334	9.898299	9.904053	9.909601	9.914948	9.920099	9.925060	9.929833	9.934424
19	9.886257	9.892435	9.898397	9.904147	9.909691	9.915035	9.920184	9.925141	9.929911	9.934499
20	9.886362	9.892536	9.898494	9.904241	9.909782	9.915123	9.920268	9.925222	9.929989	9.934574
21	9.886466	9.892638	9.898592	9.904335	9.909873	9.915210	9.920352	9.925303	9.930067	9.934649
22	9.886571	9.892739	9.898689	9.904429	9.909963	9.915297	9.920436	9.925384	9.930145	9.934723
23	9.886676	9.892839	9.898787	9.904523	9.910054	9.915385	9.920520	9.925465	9.930223	9.934798
24	9.886780	9.892940	9.898884	9.904617	9.910144	9.915472	9.920604	9.925545	9.930300	9.934873
25	9.886885	9.893041	9.898981	9.904711	9.910235	9.915559	9.920688	9.925626	9.930378	9.934948
26	9.886989	9.893142	9.899078	9.904804	9.910325	9.915646	9.920772	9.925707	9.930456	9.935022
27	9.887093	9.893243	9.899176	9.904898	9.910415	9.915733	9.920856	9.925788	9.930533	9.935097
28	9.887198	9.893343	9.899273	9.904992	9.910506	9.915820	9.920939	9.925868	9.930611	9.935171
29	9.887302	9.893444	9.899370	9.905085	9.910596	9.915907	9.921023	9.925949	9.930688	9.935246
30	9.887406	9.893544	9.899467	9.905179	9.910686	9.915994	9.921107	9.926029	9.930766	9.935320
31	9.887510	9.893645	9.899564	9.905272	9.910776	9.916081	9.921190	9.926110	9.930843	9.935395
32	9.887614	9.893745	9.899660	9.905366	9.910866	9.916167	9.921274	9.926190	9.930921	9.935469
33	9.887718	9.893846	9.899757	9.905459	9.910956	9.916254	9.921357	9.926270	9.930998	9.935543
34	9.887822	9.893946	9.899854	9.905552	9.911046	9.916341	9.921441	9.926351	9.931075	9.935618
35	9.887926	9.894046	9.899951	9.905645	9.911136	9.916427	9.921524	9.926431	9.931152	9.935692
36	9.888030	9.894146	9.900047	9.905739	9.911226	9.916514	9.921607	9.926511	9.931229	9.935766
37	9.888134	9.894246	9.900144	9 905832	9.911315	9.916600	9.921691	9.926591	9.931306	9.935840
38	9.888237	9.894346	9.900240	9.905925	9.911405	9.916687	9.921774	9.926671	9.931383	9.935914
39	9.888341	9.894446	9.900337	9.906018	9.911495	9.916773	9.921857	9.926751	9.931460	9.935988
40	9.888444	9.894546	9.900433	9.906111	9.911584	9.916859	9.921940	9.926831	9.931537	9.936062
41	9.888548	9.894646	9.900529	9.906204	9.911674	9.916946	9.922023	9.926911	9.931614	9.936136
42	9.888651	9.894746	9.900626	9.906296	9.911763	9.917032	9.922106	9.926991	9.931691	9.936210
43	9.888755	9.894846	9.900722	9.906389	9.911853	9.917118	9.922189	9.927071	9.931768	9.936284
44	9.888858	9.894945	9.900818	9.906482	9.911942	9.917204	9.922272	9.927151	9.931845	9.936357
45	9.888961	9.895045	9.900914	9.906575	9.912031	9.917290	9.922355	9.927231	9.931921	9.936431
46	9.889064	9.895145	9.901010	9.906667	9.912121	9.917376	9.922438	9.927310	9.931998	9.936505
47	9.889168	9.895244	9.901106	9.906760	9.912210	9.917462	9.922520	9.927390	9.932075	9.936578
48	9.889271	9.895343	9.901202	9.906852	9.912299	9.917548	9.922603	9.927470	9.932151	9.936652
49	9.889374	9.895443	9.901298	9.906945	9.912388	9.917634	9.922686	9.927549	9.932228	9.936725
50	9.889477	9.895542	9.901394	9.907037	9.912477	9.917719	9.922768	9.927629	9.932304	9.936799
51	9.889579	9.895641	9.901490	9.907129	9.912566	9.917805	9.922851	9.927708	9.932380	9.936872
52	9.889682	9.895741	9.901585	9.907222	9.912655	9.917891	9.922933	9.927787	9.932457	9.936946
53	9.889785	9.895840	9.901681	9.907314	9.912744	9.917976	9.923016	9.927867	9.932533	9.937019
54	9.889888	9.895939	9.901776	9.907406	9.912833	9.918062	9.923098	9.927946	9.932609	9.937092
55	9.889990	9.896038	9.901872	9.907498	9.912922	9.918147	9.923181	9.928025	9.932685	9.937165
56	9.890093	9.896137	9.901967	9.907590	9.913010	9.918233	9.923263	9.928104	9.932762	9.937238
57	9.890195	9.896236	9.902063	9.907682	9.913099	9.918318	9.923345	9.928183	9.932838	9.937312
58	9.890298	9.896335	9.902158	9.907774	9.913187	9.918404	9.923427	9.928263	9.932914	9.937385
59	9.890400	9.896433	9.902253	9.907866	9.913276	9.918489	9.923509	9.928342	9.932990	9.937458
60	9.890503	9.896532	9.902349	9.907958	9.913365	9.918574	9.923591	9.928420	9.933066	9.937531

′	Sinus 60	Sin. 61	Sin. 62	Sin. 63	Sin. 64	Sin. 65	Sin. 66	Sin. 67	Sin. 68	Sin. 69
0	9.937531	9.941819	9.945935	9.949881	9.953660	9.957276	9.960730	9.964026	9.967166	9.970152
1	9.937604	9.941889	9.946002	9.949945	9.953722	9.957335	9.960786	9.964080	9.967217	9.970200
2	9.937676	9.941959	9.946069	9.950010	9.953783	9.957393	9.960843	9.964133	9.967268	9.970249
3	9.937749	9.942029	9.946136	9.950074	9.953845	9.957452	9.960899	9.964187	9.967319	9.970297
4	9.937822	9.942099	9.946203	9.950138	9.953906	9.957511	9.960955	9.964240	9.967370	9.970345
5	9.937895	6.942169	9.946270	9.950202	9.953968	9.957570	9.961011	9.964294	9.967421	9.970394
6	9.937967	9.942239	9.946337	9.950266	9.954029	9.957628	9.961067	9.964347	9.967471	9.970442
7	9.938040	9.942308	9.946404	9.950330	9.954090	9.957687	9.961123	9.964400	9.967522	9.970490
8	6.938113	9.942378	9.946471	9.950394	9.954152	9.957746	9.961179	9.964454	9.967573	9.970538
9	9.938185	9.942448	9.946538	9.950458	9.954213	9.957804	9.961235	9.964507	9.967624	9.970586
10	9.938258	9.942517	9.946604	9.950522	9.954274	9.957863	9.961290	9.964560	9.967674	9.970635
11	9.938330	9.942587	9.946671	9.950586	9.954335	9.957921	9.961346	9.964613	9.967725	9.970683
12	9.938402	9.942656	9.946738	9.950650	9.954396	9.957979	9.961402	9.964666	9.967775	9.970731
13	9.938475	9.942726	9.946804	9.950714	9.954457	9.958038	9.961458	9.964720	9.967826	9.970779
14	9.938547	9.942795	9.946871	9.950778	9.954518	9.958096	9.961513	9.964773	9.967876	9.970827
15	9.938619	9.942864	9.946937	9.950841	9.954579	9.958154	9.961569	9.964826	9.967927	9.970874
16	9.938691	9.942934	9.947004	9.950905	9.954640	9.958213	9.961624	9.964879	9.967977	9.970922
17	9.938763	9.943003	9.947070	9.950968	9.954701	9.958271	9.961680	9.964931	9.968027	9.970970
18	9.938836	9.943072	9.947136	9.951032	9.954762	9.958329	9.961735	9.964984	9.968078	9.971018
19	9.938908	9.943141	9.947203	9.951096	9.954823	9.958387	9.961791	9.965037	9.968128	9.971066
20	9.938980	9.943210	9.947269	9.951159	9.954883	9.958445	9.961846	9.965090	9.968178	9.971113
21	9.939052	9.943279	9.947335	9.951222	9.954944	9.958503	9.961902	9.965143	9.968228	9.971161
22	9.939123	9.943348	9.947401	9.951286	9.955005	9.958561	9.961957	9.965195	9.968278	9.971208
23	9.939195	9.943417	9.947467	9.951349	9.955065	9.958619	9.962012	9.965248	9.968329	9.971256
24	9.939267	9.943486	9.947533	9.951412	9.955126	9.958677	9.962067	9.965301	9.968379	9.971303
25	9.939339	9.943555	9.947600	9.951476	9.955186	9.958734	9.962123	9.965353	9.968429	9.971351
26	9.939410	9.943624	9.947665	9.951539	9.955247	9.958792	9.962178	9.965406	9.968479	9.971398
27	9.939482	9.943693	9.947731	9.951602	9.955307	9.958850	9.962233	9.965458	9.968528	9.971446
28	9.939554	9.943761	9.947797	9.951665	9.955368	9.958908	9.962288	9.965511	9.968578	9.971493
29	9.939625	9.943830	9.947863	9.951728	9.955428	9.958965	9.962343	9.965563	9.968628	9.971540
30	9.939697	9.943899	9.947929	9.951791	9.955488	9.959023	9.962398	9.965615	9.968678	9.971588
31	9.939768	9.943967	9.947995	9.951854	9.955548	9.959080	9.962453	9.965668	9.968728	9.971635
32	9.939840	9.944036	9.948060	9.951917	9.955609	9.959138	9.962508	9.965720	9.968777	9.971682
33	9.939911	9.944104	9.948126	9.951980	9.955669	9.959195	9.962562	9.965772	9.968827	9.971729
34	9.939982	9.944172	9.948192	9.952043	9.955729	9.959253	9.962617	9.965824	9.968877	9.971776
35	9.940054	9.944241	9.948257	9.952106	9.955789	9.959310	9.962672	9.965876	9.968926	9.971823
36	9.940125	9.944309	9.948323	9.952168	9.955849	9.959368	9.962727	9.965929	9.968976	9.971870
37	9.940196	9.944377	9.948388	9.952231	9.955909	9.959425	9.962781	9.965981	9.969025	9.971917
38	9.940267	9.944446	9.948454	9.952294	9.955969	9.959482	9.962836	9.966033	9.969075	9.971964
39	9.940338	9.944514	9.948519	9.952356	9.956029	9.959539	9.962890	9.966085	9.969124	9.972011
40	9.940409	9.944582	9.948584	9.952419	9.956089	9.959596	9.962945	9.966136	9.969173	9.972058
41	9.940480	9.944650	9.948650	9.952481	9.956148	9.959654	9.962999	9.966188	9.969223	9.972105
42	9.940551	9.944718	9.948715	9.952544	9.956208	9.959711	9.963054	9.966240	9.969272	9.972151
43	9.940622	9.944786	9.948780	9.952606	9.956268	9.959768	9.963108	9.966292	9.969321	9.972198
44	9.940693	9.944854	9.948845	9.952669	9.956327	9.959825	9.963163	9.966344	9.969370	9.972245
45	9.940763	9.944922	9.948910	9.952731	9.956387	9.959882	9.963217	9.966395	9.969420	9.972291
46	9.940834	9.944990	9.948975	9.952793	9.956447	9.959938	9.963271	9.966447	9.969469	9.972338
47	9.940905	9.945058	9.949040	9.952855	9.956506	9.959995	9.963325	9.966499	9.969518	9.972385
48	9.940975	9.945125	9.949105	9.952918	9.956566	9.960052	9.963379	9.966550	9.969567	9.972431
49	9.941046	9.945193	9.949170	9.952980	9.956625	9.960109	9.963434	9.966602	9.969616	9.972478
50	9.941117	9.945261	9.949235	9.953042	9.956684	9.960165	9.963488	9.966653	9.969665	9.972524
51	9.941187	9.945328	9.949300	9.953104	9.956744	9.960222	9.963542	9.966705	9.969714	9.972570
52	9.941258	9.945396	9.949364	9.953166	9.956803	9.960279	9.963596	9.966756	9.969762	9.972617
53	9.941328	9.945464	9.949429	9.953228	9.956862	9.960335	9.963650	9.966808	9.969811	9.972663
54	9.941398	9.945531	9.949494	9.953290	9.956921	9.960392	9.963704	9.966859	9.969860	9.972709
55	9.941469	9.945598	9.949558	9.953352	9.956981	9.960448	9.963757	9.966910	9.969909	9.972755
56	9.941539	9.945666	9.949623	9.953413	9.957040	9.960505	9.963811	9.966961	9.969957	9.972802
57	9.941609	9.945733	9.949688	9.953475	9.957099	9.960561	9.963865	9.967013	9.970006	9.972848
58	9.941679	9.945800	9.949752	9.953537	9.957158	9.960618	9.963919	9.967064	9.970055	9.972894
59	9.941749	9.945868	9.949816	9.953599	9.957217	9.960674	9.963972	9.967115	9.970103	9.972940
60	9.941819	9.945935	9.949881	9.953660	9.957276	9.960730	9.964026	9.967166	9.970152	9.972986

′	Sinus 70	Sin. 71	Sin. 72	Sin. 73	Sin. 74	Sin. 75	Sin. 76	Sin. 77	Sin. 78	Sin. 79
0	9.972986	9.975670	9.978206	9.980596	9.982842	9.984944	9.986904	9.988724	9.990404	9.991947
1	9.973032	9.975714	9.978247	9.980635	9.982878	9.984978	9.986936	9.988753	9.990431	9.991971
2	9.973078	9.975757	9.978288	9.980673	9.982914	9.985011	9.986967	9.988782	9.990458	9.991996
3	9.973124	9.975800	9.978329	9.980712	9.982950	9.985045	9.986998	9.988811	9.990485	9.992020
4	9.973169	9.975844	9.978370	9.980750	9.982986	9.985097	9.987030	9.988840	9.990511	9.992044
5	9.973215	9.975887	9.978411	9.980789	9.983022	9.985113	9.987061	9.988869	9.990538	9.992069
6	9.973261	9.975930	9.978452	9.980827	9.983058	9.985146	9.987092	9.988898	9.990565	9.992093
7	9.973307	9.975974	9.978493	9.980866	9.983094	9.985180	9.987124	9.988927	9.990591	9.992118
8	9.973352	9.976017	9.978533	9.980904	9.983130	9.985213	9.987155	9.988956	9.990618	9.992142
9	9.973398	9.976060	9.978574	9.980942	9.983166	9.985247	9.987186	9.988985	9.990645	9.992166
10	9.973444	9.976103	9.978615	9.980981	9.983202	9.985280	9.987217	9.989014	9.990671	9.992190
11	9.973489	9.976146	9.978655	9.981019	9.983238	9.985314	9.987248	9.989042	9.990697	9.992214
12	9.973535	9.976189	9.978696	9.981057	9.983273	9.985347	9.987279	9.989071	9.990724	9.992239
13	9.973580	9.976232	9.978737	9.981095	9.983309	9.985381	9.987310	9.989100	9.990750	9.992263
14	9.973625	9.976275	9.978777	9.981133	9.983345	9.985414	9.987341	9.989128	9.990777	9.992287
15	9.973671	9.976318	9.978817	9.981171	9.983381	9.985447	9.987372	9.989157	9.990803	9.992311
16	9.973716	9.976361	9.978858	9.981209	9.983416	9.985480	9.987403	9.989186	9.990829	9.992335
17	9.973761	9.976404	9.978898	9.981247	9.983452	9.985514	9.987434	9.989214	9.990855	9.992359
18	9.973807	9.976446	9.978939	9.981285	9.983487	9.985547	9.987465	9.989243	9.990882	9.992382
19	9.973852	9.976489	9.978979	9.981323	9.983523	9.985580	9.987496	9.989271	9.990908	9.992406
20	9.973897	9.976532	9.979019	9.981361	9.983558	9.985613	9.987526	9.989300	9.990934	9.992430
21	9.973942	9.976574	9.979059	9.981399	9.983594	9.985646	9.987557	9.989328	9.990960	9.992454
22	9.973987	9.976617	9.979100	9.981436	9.983629	9.985679	9.987588	9.989356	9.990986	9.992478
23	9.974032	9.976660	9.979140	9.981474	9.983664	9.985712	9.987618	9.989385	9.991012	9.992501
24	9.974077	9.976702	9.979180	9.981512	9.983700	9.985745	9.987649	9.989413	9.991038	9.992525
25	9.974122	9.976745	9.979220	9.981549	9.983735	9.985778	9.987679	9.989441	9.991064	9.992549
26	9.974167	9.976787	9.979260	9.981587	9.983770	9.985811	9.987710	9.989469	9.991090	9.992572
27	9.974212	9.976830	9.979300	9.981625	9.983805	9.985843	9.987740	9.989497	9.991115	9.992596
28	9.974257	9.976872	9.979340	9.981662	9.983840	9.985876	9.987771	9.989525	9.991141	9.992619
29	9.974302	9.976914	9.979380	9.981700	9.983875	9.985909	9.987801	9.989553	9.991167	9.992643
30	9.974347	9.976957	9.979420	9.981737	9.983911	9.985942	9.987832	9.989582	9.991193	9.992666
31	9.974391	9.976999	9.979459	9.981774	9.983946	9.985974	9.987862	9.989610	9.991218	9.992690
32	9.974436	9.977041	9.979499	9.981812	9.983981	9.986007	9.987892	9.989637	9.991244	9.992713
33	9.974481	9.977083	9.979539	9.981849	9.984015	9.986039	9.987922	9.989665	9.991270	9.992736
34	9.974525	9.977125	9.979579	9.981886	9.984050	9.986072	9.987953	9.989693	9.991295	9.992759
35	9.974570	9.977167	9.979618	9.981924	9.984085	9.986104	9.987983	9.989721	9.991321	9.992783
36	9.974614	9.977209	9.979658	9.981961	9.984120	9.986137	9.988013	9.989749	9.991346	9.992806
37	9.974659	9.977251	9.979697	9.981998	9.984155	9.986169	9.988043	9.989777	9.991372	9.992829
38	9.974703	9.977293	9.979737	9.982035	9.984190	9.986202	9.988073	9.989804	9.991397	9.992852
39	9.974748	9.977335	9.979776	9.982072	9.984224	9.986234	9.988103	9.989832	9.991422	9.992875
40	9.974792	9.977377	9.979816	9.982109	9.984259	9.986266	9.988133	9.989860	9.991448	9.992898
41	9.974836	9.977419	9.979855	9.982146	9.984294	9.986299	9.988163	9.989887	9.991473	9.992921
42	9.974880	9.977461	9.979895	9.982183	9.984328	9.986331	9.988193	9.989915	9.991498	9.992944
43	9.974925	9.977503	9.979934	9.982220	9.984363	9.986363	9.988223	9.989942	9.991524	9.992967
44	9.974969	9.977544	9.979973	9.982257	9.984397	9.986395	9.988252	9.989970	9.991549	9.992990
45	9.975013	9.977586	9.980012	9.982294	9.984432	9.986427	9.988282	9.989997	9.991574	9.993013
46	9.975057	9.977628	9.980052	9.982331	9.984466	9.986459	9.988312	9.990025	9.991599	9.993036
47	9.975101	9.977669	9.980090	9.982367	9.984500	9.986491	9.988342	9.990052	9.991624	9.993059
48	9.975145	9.977711	9.980130	9.982404	9.984535	9.986523	9.988371	9.990079	9.991649	9.993081
49	9.975189	9.977752	9.980169	9.982441	9.984569	9.986555	9.988401	9.990107	9.991674	9.993104
50	9.975233	9.977794	9.980208	9.982477	9.984603	9.986587	9.988430	9.990134	9.991699	9.993127
51	9.975277	9.977835	9.980247	9.982514	9.984638	9.986619	9.988460	9.990161	9.991724	9.993149
52	9.975321	9.977877	9.980286	9.982551	9.984672	9.986651	9.988489	9.990188	9.991749	9.993172
53	9.975365	9.977918	9.980325	9.982587	9.984706	9.986683	9.988519	9.990215	9.991774	9.993195
54	9.975408	9.977959	9.980364	9.982624	9.984740	9.986714	9.988548	9.990243	9.991799	9.993217
55	9.975452	9.978001	9.980403	9.982660	9.984774	9 986746	9.988578	9.990270	9.991823	9.993240
56	9.975496	9.978042	9.980442	9.982696	9.984808	9.986778	9.988607	9.990297	9.991848	9.993262
57	9.975539	9.978083	9.980480	9.982733	9.984842	9.986809	9.988636	9.990324	9.991873	9.993284
58	9.975583	9.978124	9.980519	9.982769	9.984876	9.986841	9.988666	9.990351	9.991897	9.993307
59	9.975627	9.978165	9.980558	9.982805	9.984910	9.986873	9.988695	9.990378	9.991922	9.993329
60	9.975670	9.978206	9.980596	9.982842	9.984944	9.986904	9.988724	9.990404	9.991947	9.993351

′	Sinus 80	Sin. 81	Sin. 82	Sin. 83	Sin. 84	Sin. 85	Sin. 86	Sin. 87	Sin. 88	Sin. 89
0	9.993351	9.994620	9.995753	9.996751	9.997614	9.998344	9.998941	9.999404	9.999735	9.999934
1	9.993374	9.994640	9.995771	9.996766	9.997628	9.998355	9.998950	9.999411	9.999740	9.999936
2	9.993396	9.994660	9.995788	9.996782	9.997641	9.998366	9.998958	9.999418	9.999744	9.999938
3	9.993418	9.994680	9.995806	9.996797	9.997654	9.998377	9.998967	9.999424	9.999748	9.999940
4	9.993440	9.994700	9.995823	9.996812	9.997667	9.998388	9.998976	9.999431	9.999753	9.999942
5	9.993462	9.994719	9.995841	9.996828	9.997680	9.998399	9.998984	9.999437	9.999757	9.999944
6	9.993484	9.994739	9.995859	9.996843	9.997693	9.998410	9.998993	9.999443	9.999761	9.999946
7	9.993506	9.994759	9.995876	9.996858	9.997706	9.998421	9.999002	9.999450	9.999765	9.999948
8	9.993528	9.994779	9.995894	9.996874	9.997719	9.998431	9.999010	9.999456	9.999769	9.999950
9	9.993550	9.994798	9.995911	9.996889	9.997732	9.998442	9.999019	9.999463	9.999774	9.999952
10	9.993572	9.994818	9.995928	9.996904	9.997745	9.998453	9.999027	9.999469	9.999778	9.999954
11	9.993594	9.994838	9.995946	9.996919	9.997758	9.998464	9.999036	9.999475	9.999782	9.999956
12	9.993616	9.994857	9.995963	9.996934	9.997771	9.998474	9.999044	9.999481	9.999786	9.999958
13	9.993638	9.994877	9.995980	9.996949	9.997784	9.998485	9.999053	9.999487	9.999790	9.999959
14	9.993660	9.994896	9.995998	9.996964	9.997797	9.998495	9.999061	9.999493	9.999794	9.999961
15	9.993681	9.994916	9.996015	9.996979	9.997809	9.998506	9.999069	9.999500	9.999797	9.999963
16	9.993703	9.994935	9.996032	9.996994	9.997822	9.998516	9.999077	9.999506	9.999801	9.999964
17	9.993725	9.994955	9.996049	9.997009	9.997835	9.998527	9.999086	9.999512	9.999805	9.999966
18	9.993746	9.994974	9.996066	9.997024	9.997847	9.998537	9.999094	9.999518	9.999809	9.999968
19	9.993768	9.994993	9.996083	9.997039	9.997860	9.998548	9.999102	9.999524	9.999813	9.999969
20	9.993789	9.995013	9.996100	9.997053	9.997872	9.998558	9.999110	9.999529	9.999816	9.999971
21	9.993811	9.995032	9.996117	9.997068	9.997885	9.998568	9.999118	9.999535	9.999820	9.999972
22	9.993832	9.995051	9.996134	9.997083	9.997897	9.998578	9.999126	9.999541	9.999824	9.999973
23	9.993854	9.995070	9.996151	9.997098	9.997910	9.998589	9.999134	9.999547	9.999827	9.999975
24	9.993875	9.995089	9.996168	9.997112	9.997922	9.998599	9.999142	9.999553	9.999831	9.999976
25	9.993897	9.995108	9.996185	9.997127	9.997935	9.998609	9.999150	9.999558	9.999834	9.999977
26	9.993918	9.995127	9.996202	9.997141	9.997947	9.998619	9.999158	9.999564	9.999838	9.999979
27	9.993939	9.995146	9.996219	9.997156	9.997959	9.998629	9.999166	9.999570	9.999841	9.999980
28	9.993960	9.995165	9.996235	9.997170	9.997972	9.998639	9.999174	9.999575	9.999844	9.999981
29	9.993982	9.995184	9.996252	9.997185	9.997984	9.998649	9.999181	9.999581	9.999848	9.999982
30	9.994003	9.995203	9.996269	9.997199	9.997996	9.998659	9.999189	9.999586	9.999851	9.999983
31	9.994024	9.995222	9.996285	9.997214	9.998008	9.998669	9.999197	9.999592	9.999854	9.999984
32	9.994045	9.995241	9.996302	9.997228	9.998020	9.998679	9.999205	9.999597	9.999858	9.999986
33	9.994066	9.995260	9.996318	9.997242	9.998032	9.998689	9.999212	9.999603	9.999861	9.999987
34	9.994087	9.995278	9.996335	9.997257	9.998044	9.998699	9.999220	9.999608	9.999864	9.999988
35	9.994108	9.995297	9.996351	9.997271	9.998056	9.998708	9.999227	9.999614	9.999867	9.999989
36	9.994129	9.995316	9.996368	9.997285	9.998068	9.998718	9.999235	9.999619	9.999870	9.999989
37	9.994150	9.995334	9.996384	9.997299	9.998080	9.998728	9.999242	9.999624	9.999873	9.999990
38	9.994171	9.995353	9.996400	9.997313	9.998092	9.998738	9.999250	9.999629	9.999876	9.999991
39	9.994191	9.995372	9.996417	9.997327	9.998104	9.998747	9.999257	9.999635	9.999879	9.999992
40	9.994212	9.995390	9.996433	9.997341	9.998116	9.998757	9.999265	9.999640	9.999882	9.999993
41	9.994233	9.995409	9.996449	9.997355	9.998128	9.998766	9.999272	9.999645	9.999885	9.999993
42	9.994254	9.995427	9.996465	9.997369	9.998139	9.998776	9.999279	9.999650	9.999888	9.999994
43	9.994274	9.995446	9.996482	9.997383	9.998151	9.998785	9.999287	9.999655	9.999891	9.999995
44	9.994295	9.995464	9.996498	9.997397	9.998163	9.998795	9.999294	9.999660	9.999894	9.999995
45	9.994316	9.995482	9.996514	9.997411	9.998174	9.998804	9.999301	9.999665	9.999897	9.999996
46	9.994336	9.995501	9.996530	9.997425	9.998186	9.998813	9.999308	9.999670	9.999899	9.999996
47	9.994357	9.995519	9.996546	9.997439	9.998197	9.998823	9.999315	9.999675	9.999902	9.999997
48	9.994377	9.995537	9.996562	9.997452	9.998209	9.998832	9.999322	9.999680	9.999905	9.999997
49	9.994398	9.995555	9.996578	9.997466	9.998220	9.998841	9.999329	9.999685	9.999907	9.999998
50	9.994418	9.995573	9.996594	9.997480	9.998232	9.998851	9.999336	9.999689	9.999910	9.999998
51	9.994438	9.995591	9.996610	9.997493	9.998243	9.998860	9.999343	9.999694	9.999913	9.999998
52	9.994459	9.995610	9.996625	9.997507	9.998255	9.998869	9.999350	9.999699	9.999915	9.999999
53	9.994479	9.995628	9.996641	9.997520	9.998266	9.998878	9.999357	9.999704	9.999918	9.999999
54	9.994499	9.995646	9.996657	9.997534	9.998277	9.998887	9.999364	9.999708	9.999920	9.999999
55	9.994519	9.995664	9.996673	9.997547	9.998289	9.998896	9.999371	9.999713	9.999922	9.999999
56	9.994540	9.995681	9.996688	9.997561	9.998300	9.998905	9.999378	9.999717	9.999925	9.999999
57	9.994560	9.995699	9.996704	9.997574	9.998311	9.998914	9.999384	9.999722	9.999927	0.000000
58	9.994580	9.995717	9.996720	9.997588	9.998322	9.998923	9.999391	9.999726	9.999929	0.000000
59	9.994600	9.995735	9.996735	9.997601	9.998333	9.998932	9.999398	9.999731	9.999932	0.000000
60	9.994620	9.995753	9.996751	9.997614	9.998344	9.998941	9.999404	9.999735	9.999934	0.000000

FIN.

DE LA MESURE DU TEMPS,

OU

SUPPLÉMENT AU TRAITÉ DES HORLOGES MARINES, ET A L'ESSAI SUR L'HORLOGERIE;

CONTENANT les principes de construction, d'exécution & d'épreuves des petites Horloges à Longitude. Et l'application des mêmes principes de construction, &c. aux Montres de poche, ainsi que plusieurs constructions d'Horloges Astronomiques, &c.

AVEC FIGURES EN TAILLE-DOUCE.

PUBLIÉ PAR ORDRE DU ROI.

Par M. FERDINAND BERTHOUD, *Horloger Méchanicien du Roi & de la Marine, ayant l'inspection de la construction des Horloges Marines, Membre de la Société Royale de Londres.*



A PARIS,

Chez { J. G. MÉRIGOT le jeune, Libraire, Quai des Augustins.
DIDOT Fils, = JOMBERT jeune, Libraires, rue Dauphine.

M. DCC. LXXXVII.

INTRODUCTION

Au Supplément du TRAITÉ DES HORLOGES MARINES, *& de l'*ESSAI SUR L'HORLOGERIE.

QUOIQUE les Horloges à Longitudes dont j'ai publié la théorie, les principes de construction, & ceux d'exécution dans *le Traité des Horloges Marines*, ayent eu assez de succès; j'ai cependant été obligé de faire de nouvelles recherches, parce que ces machines étant à poids, & d'un volume trop considérable, il est arrivé pendant le transport de ces machines par terre, tant d'accidents que je me suis vu forcé de construire de nouvelles Horloges à ressort que j'ai réduites au plus petit volume. C'est le travail que je présente aujourd'hui aux Artistes, & aux Amateurs des machines servant à la Mesure du Temps. *

Il y a actuellement trente-trois ans passés que je m'occupe sans relâche du travail des Horloges à Longitudes; pendant ce tems, j'ai construit & exécuté quarante-cinq, tant Horloges, que Montres à Longitudes.

Dans la composition d'un aussi grand nombre de machines, dont au moins vingt sont de différente construc-

* En travaillant à la composition de ces Horloges à ressort, je n'ai pas abandonné celles à poids, je me suis occupé d'en réduire le volume : on trouvera dans ce Supplément, la description de deux Horloges à poids : je viens de construire, & d'exécuter moi-même, en 1787, une petite Horloge à Longitude à poids, pour S. A. R. le Prince des Asturies; ce Supplément étoit si avancé, que je n'ai pu y joindre, ni le plan, ni la description de cette machine.

tion, j'ai ſur-tout cherché à connoître par des épreuves ſûres, celles de ces Horloges ou Montres, qui pouvoient être adoptées pour remplir les beſoins des navigateurs; & je me ſuis également appliqué à les conſtruire, de ſorte que l'exécution en ſoit facile, que les Horloges à Longitudes puiſſent devenir d'un uſage général dans la Marine, & que leur juſteſſe ſoit due à la ſolidité des principes ſur leſquels leur conſtruction eſt établie, plus encore qu'à l'extrême adreſſe de l'Artiſte qui entreprendra de les exécuter.

Les Horloges à reſſort nos XXIV & XXV, dont je donnerai la deſcription dans les Chapitres VI & VII, rempliront à ce que j'eſpère les vues que je me ſuis propoſées; & je les conſidère comme de vrais *Régulateurs*; mais comme ces machines doivent toujours reſter à *bord* du vaiſſeau, j'indique les petites Horloges auſſi à reſſort, n° I; XXVII & XXXVI, décrites dans les Chapitres X & XI, pour accompagner les premières & pour ſervir comme de Montres portatives à tous les uſages des obſervateurs, parce que ces machines peuvent être tranſportées à terre ou dans une chaloupe, &c.

La juſteſſe des Horloges & des Montres à Longitudes, eſt particulièrement fondée : 1°. ſur la grande puiſſance du régulateur, & la réduction de ſes frottements *(a)* : 2°. ſur l'iſochroniſme des vibrations du balancier, obtenu par le ſpiral *(b)*: 3°. ſur la nature de l'échappement à vibrations libres *(c)* : 4°. enfin ſur l'exacte correction des effets du

(a) *Traité des Horloges Marines*, no 23 : 126 : 561. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 1894.

(b) *Traité des Horloges Marines*, n°. 141, &c. 152 : 154, &c.

(c) *Idem.* n° 281 : 968 : 977 — 988 : 1002.

chaud & du froid par un méchanisme de compensation *(a)*.

Les mêmes principes & la même construction sont également applicables aux petites Horloges à Longitudes à ressort, & aux Montres de poche *(b)*. J'en ai fait moi-même l'application dès 1763, dans la construction de la Montre astronomique à compensation, que j'ai vendue à Londres en 1766 *(c)*: ainsi que dans une Montre construite en 1766, pour M. le Chevalier de Fleurieu *(d)*; & plus particulièrement encore, dans la composition de ma Montre à Longitude portative, construite en 1765 *(e)*. Sous ce point de vue la recher-

(a) *Traité des Horloges Marines*, nº 259—261 : 264.

(b) *Traité des Horloges Marines*. Introduction, pag. *xxiv*.

(c) *Idem*, pag. *xxiv*.

(d) Voyez le *voyage fait par ordre du Roi*, *en* 1760, *&c. Pour éprouver en mer les Horloges Marines, par M. d'Eveux de Fleurieu*, de l'Imprimerie Royale, 1773, pag. lxxij, Tome I.

On lit ce qui suit dans une note. « La Montre à secondes dont nous avons fait usage dans toutes nos opérations, est de la façon de M. *Ferdinand Berthoud.* Son échappement est à cylindre : les pivots du balancier tournent dans des diamans, & leurs pointes sont portées sur des diamants : Elle est à quatre battements par seconde : les trois aiguilles sont concentriques : Le mouvement de cette Montre n'est point interrompu pendant qu'on la remonte; il est entretenu par un ressort auxiliaire qui produit son effet de lui-même, sans qu'on soit obligé de faire partir aucune détente Le régulateur y est très-puissant : les variations qui pourroient provenir de l'action de la chaleur ou du froid, sont prévenues & compensées par un *méchanisme de compensation*, tel qu'on en emploie dans les Horloges Marines. Cette machine est la seconde de cette espèce, que M. *Berthoud* ait exécutées. La premiere qu'il avoit fait fut vendue à Londres en 1766, deux ans après qu'elle fut terminée. Ce sont les deux premieres Montres de poche *à compensation*, qui ayent été vues en Europe »

Voyez aussi page xlvij, du même Ouvrage, sur la Montre à Longitude.

(e) *Voyage fait par ordre du Roi, de 1768 & 1769, pour éprouver les Horloges Marines*; *par M. d'Eveux de Fleurieu*; *de l'Imprimerie Royale en* 1773, page xlvij, Tome I.

M. *Berthoud* s'est occupé de l'exécution d'une espèce de grosse Montre à ressort, qu'on peut appeller *Montre à Longitudes*, dont la construction est telle que les mouvemens d'une voiture ne peuvent altérer sa régularité, ainsi que lui-même l'a déja éprouvé.

Cette Montre sera fort utile pour per-

che des Horloges à Longitudes, aura rendu un ſervice eſſentiel à l'Art & au Public, en perfectionnant les Montres de poche, juſques-là très-défectueuſes. *

C'eſt particulièrement dans l'intention de répandre les nouvelles lumières que la recherche des Horloges à Longitudes a procuré à l'art de l'Horlogerie, que j'ai deſtiné la ſeconde Partie de cet Ouvrage, qui ſert de Supplément à l'Eſſai ſur l'Horlogerie : elle contient les moyens de donner aux Montres de poche, la plus grande juſteſſe que ces machines comportent par leur nature : j'y traite également des moyens de perfectionner les Horloges Aſtronomiques.

Quant à l'uſage des Montres de poche dans la Navigation, mon opinion eſt, que les Horloges à Longitudes, même les plus petites, doivent leur être préférées (**). Car en ſuppoſant que l'on emploie dans une Montre de poche les

fectionner la Géographie intérieure, par la facilité qu'elle procurera, de pouvoir déterminer la différence des Méridiens entre deux Villes peu diſtantes l'une de l'autre, ce qu'on ne pouvoit faire avec exactitude, qu'en employant une baſe & des triangles: & on ſait combien les opérations Géodéſique ſont pénibles; & quelle ſuite d'inſtruments elles exigent. La même Montre peut-être employée auſſi utilement pour lever le plan d'une côte, & déterminer de proche en proche les différences de Méridiens ».

* Si depuis quelques années, des Horlogers ſont parvenus à exécuter des Montres de poche plus exactes, l'invention des moyens qu'ils ont employés eſt due en entier aux Auteurs des Horloges à Longitudes, qui ont publié leurs recherches ſans réſerve dans leurs ouvrages, enſorte que ceux qui ont exécutés ces Montres, n'ont fait que copier ou imiter les principes & la conſtruction qu'ils ont trouvé établis. Ces Ouvrages étant publics, on a pu & dû s'en ſervir; mais ce qui paroîtra ſingulier, c'eſt que les mêmes Horlogers qui ont ſi bien employé les principes & la conſtruction des Horloges à Longitudes, ſe ſont aviſés de fermer leurs Montres par un ſecret, comme ſi elles enfermoient de nouvelles découvertes.

** Et à plus forte raiſon celles à poids.

mêmes moyens que dans une Montre à Longitude, l'on n'obtiendra pas autant de justesse de la Montre portative.

1°. Parce que la Montre qui est portée dans le gousset, n'a point de position fixe, étant tantôt verticale, tantôt horisontale ou inclinée dans divers sens, ce qui produit nécessairement des variations dans sa marche, quelque parfaite que l'on suppose cette machine : & ces variations deviendront encore plus considérables, lorsque les huiles seront épaissies, & que les frottements viendront à changer.

2°. Pour qu'une Montre de poche, ne soit pas susceptible de dérangement par les agitations du *porter*, il faut que le balancier soit petit & léger ; & dès-lors ce Régulateur qui a peu de puissance, éprouve à proportion plus de résistance de la part des huiles & des frottements, & la Montre conserve moins sa justesse (a).

3°. Parce que les huiles mises aux pivots d'une Montre de poche, sont bientôt desséchées par la chaleur du gousset; & c'est ici une des plus grandes causes des variations d'une Montre.

4°. Une Montre de poche est exposée à des changements subits de température, & à des agitations & secousses qui doivent nécessairement affecter sa marche.

5°. L'exécution d'une Montre de poche devient beaucoup plus difficile : & quelque adresse que l'on suppose à l'ouvrier, la perfection dans l'exécution d'une Montre de poche n'égalera jamais celle qu'il pourroit donner à une petite Horloge.

6°. Le ressort spiral réglant d'une Montre de poche, ne peut pas être trempé tout plié, ce qui l'expose à changer de

(a) *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1865.

figure par la chaleur : & en démontant la Montre, il est exposé à pouvoir être dérangé.

7°. Quand même on parviendroit à construire & à exécuter une Montre de poche, qui allât constamment avec une grande justesse ; une telle machine ne pourroit jamais devenir d'une usage général dans la Navigation : car peu d'Artistes seroient en état de les exécuter, & même de les nétoyer avec les précautions nécessaires pour rendre à ces machines leur première harmonie.

8°. On ne peut pas avec une Montre de poche, observer l'étendue des arcs de vibrations du balancier, ni par conséquent faire usage de la *Table composée des arcs & de la température*, laquelle indique la marche de l'Horloge, lorsque les arcs de vibrations sont diminués (a).

Enfin, je ne conçois pas qu'il soit plus convenable aux Navigateurs d'exiger des Montres de poche, que d'avoir un sextant ou une boussole de poche : car d'ailleurs, si l'on peut obtenir des moyens propres à faire des bonnes Montres, & que ces mêmes moyens soient appliqués à une Horloge dont la position soit toujours la même, on aura certainement encore plus de précision : l'exécution en sera plus sûre & plus facile, & par conséquent une telle machine sera moins chere & plus à la portée de tous les Navigateurs.

Tels sont les motifs de préférence, qui fixent mon opinion sur le choix des Horloges à Longitudes : on trouvera cependant dans la Première Partie de cet Ouvrage, Chapitres XII & XIII, la construction & la description d'une Montre à Longi-

(a) Voyez ci-après, Chapitre II, n° 14.

tude * portative, que je destinois uniquement à mon usage, & à des épreuves. Elle a été commencée en 1765 (b); & quoique je sois content de la marche de cette Montre, son exactitude qui peut tenir plus encore à la parfaite exécution qu'aux principes, ne fera pas changer mon opinion sur la préférence qu'on doit donner aux Horloges.

L'Ouvrage que je présente aujourd'hui au Public, n'étant que le Supplément au *Traité des Horloges Marines*, & à l'*Essai sur l'Horlogerie*, je n'ai pas dû répéter ce qui a été déja donné dans ces deux Ouvrages, auxquels on doit recourir, soit pour la théorie des Horloges & des Montres à Longitudes, des Montres portatives, &c. soit pour la constructions de diverses parties de ces machines auxquelles je n'ai pas fait de changement depuis la publication du *Traité des Horloges Marines*, en 1773, &c.

Je terminerai cette Introduction, en faisant observer, que dans la composition des Horloges, des Montres à Longitudes, & des Montres Astronomiques, dont j'ai publié les principes & la construction dans le *Traité des Horloges Marines*, & dans ce *Supplément*; j'ai eu principalement en vue de cons-

* Cette Montre de poche à Longitude, que je viens de vendre pour S. A. R. le Prince des Asturies, a été exécutée sous ma direction, par mon Neveu *Louis Berthoud*: depuis cette époque, cet Artiste exécute sur les principes de construction de mes Horloges & Montres à Longitudes, des Montres de poche à secondes, à compensation du chaud & du froid, dans lesquelles il emploie l'échappement libre, & un spiral isochrone: la précision de la main-d'œuvre qu'il donne à tous ses ouvrages, jointe aux principes qu'il a suivis, lui ont fait obtenir dans ses Montres, une très-grande justesse. On trouvera Chapitres XII & XIII, Première Partie, la construction de ma Montre à Longitude de poche, & dans les Chapitres IV, V & VI, Seconde Partie de cet Ouvrage, la construction de mes Montres Astronomiques à compensation à échappement libre, &c.

(b) Voyez Introduction au *Traité des Horloges Marines*, pag. *xxiv*, & *Longitudes par la Mesure du Temps*, pag. 87.

truire ces machines, de ſorte que les Artiſtes qui voudront les imiter, puiſſent exécuter eux-mêmes, en entier, toutes les parties de ces machines, ſans être forcé de recourir à des ouvriers étrangers. C'eſt par cette raiſon que je n'ai pas fait uſage dans mes Horloges, & dans mes Montres à Longitudes, des *rubis percés*; quoique ce moyen ſoit très-bon; mais nous n'avons en France * aucun ouvrier de ce genre. Par une ſuite du même motif, j'ai abandonné l'échappement à repos, *à palette de rubis*, que j'ai employé dans l'Horloge, n° 8; cependant, en me privant de ces moyens de perfection, je crois pouvoir aſſurer que mes Horloges n'en ont pas eu moins d'exactitude. Mais la juſteſſe de ces machines eſt fondée en entier ſur la nature des principes qui leur ſervent de baze, & à ceux de leur conſtruction: cette juſteſſe eſt abſolument indépendante de l'extrême recherche de la main-d'œuvre. Enſorte que les Horloges, les Montres à Longitudes, & les Montres de poche que je propoſe, peuvent être exécutées par tous les Artiſtes, adroits & intelligents, même par ceux qui ſont éloignés de la Capitale.

L'*Eſſai ſur l'Horlogerie*, le *Traité des Horloges Marines*, & le *Supplément* que je publie aujourd'hui, contiennent toutes mes recherches ſur les machines ſervant à la Meſure du Temps: je n'ai préſenté mon travail, que comme des matériaux. Je deſire qu'ils ſoient utiles; quant à moi, je crois avoir rempli ma tâche. C'eſt ici le dernier Ouvrage que je publierai: peut-être n'ai-je que trop écrit.

* L'Art de percer les rubis, fut propoſé en France, du tems de la Régence, par M. *Fatio*, de Genève: cet Artiſte n'ayant pas été accueilli, porta ſon ſecret à Londres, où il a été reçu & adopté: Voyez *la régle artificielle du temps*: par *Henri Sully*.

TABLE

TABLE
DES CHAPITRES

Du Supplément au Traité des Horloges Marines, & à l'Essai sur l'Horlogerie.

PREMIERE PARTIE.

Des moyens propres à perfectionner les Horloges & les Montres à Longitudes.

CHAPITRE I. *Disposition à donner aux Horloges & aux Montres à Longitudes, pour suppléer à l'isochronisme du spiral.*
Compensateur isochrone, Page 1
De la manière de régler l'isochronisme par le compensateur, 3
CHAP. II. *Des moyens propres à obtenir plus de justesse des Horloges à Longitudes, dans les voyages de long cours;* 5
Table composée des arcs & de la température, *ibid.*
CHAP. III. *De l'exécution des ressorts spiraux. Méthode propre à les tremper tout pliés,* 10
Dimensions des ressorts spiraux isochrones, 13
Détails de procédés, servant à l'exécution des ressorts spiraux, 14
CHAP. IV. *Principes de construction, de l'échappement libre, le plus simple, & détails d'exécution,* 23

De l'échappement libre à détente, mise en cage & à *levée-ressort*, 26

De la manière de tracer sur le calibre l'échappement libre à *détente-ressort* & à *levée-ressort*, 28

De l'exécution de l'échappement libre à détente & à *levée-ressort*, 30

Direction pour l'exécution de l'échappement libre à détente, & à palette mises en cage, 34

Remarque sur l'échappement libre, appliqué aux Montres à Longitudes, & aux Montres de poche, 36

CHAP. V. *Du ressort moteur des Horloges à Longitudes. Des moyens de rendre sa force constante; de calculer la force du ressort; de trouver le diametre de la fusée, &c.* 40

CHAP. VI. *Horloge à Longitude, N° XXIV à ressort, construites à dessein de suppléer les grandes Horloges à poids,* 47

Moyens de construction, 48

Description, 50

Dimensions, 54

CHAP. VII. *Horloge à Longitude, N° XXV,* 57

CHAP. VIII. *Horloge, N° 4, à ressort,* 63

CHAP. IX. *Principes de construction des petites Horloges à Longitudes, dont le balancier est suspendu par un ressort, fait six vibrations par seconde. Et description de l'Horloge, N° 1, de cette espèce,* 66

Proposition sur l'isochronisme des vibrations du balancier, 67

ARTICLE I. *Principe de construction de petites Horloges à Longitudes,* 68

ARTICLE II. *Construction de la petite Horloge, N° 1,* 72

Description, 74

Dimension, 77

CHAP. X. *Horloge à Longitude, N° XXVII,* 78

CHAP. XI. *De la construction d'une petite Horloge à Longitude, le balancier sans suspension,* 84

Disposition à donner au Régulateur des petites Horloges à Longitudes, pour n'employer que trois rouleaux, *ibid.*

Description de l'Horloge, N° 36, 87

Ses dimensions, 91

Il est préférable d'employer une suspension aux petites Horloges à Longitudes, 93
Description de la suspension, 94
Horloge réduite d'après N° 36, 95
Suspension plus simple, 98
CHAP. XII. *De la première Montre à Longitude portative*, 101
Description de cette Montre, 103
CHAP. XIII. *Description de la seconde Montre à Longitude, portative*, 107
CHAP. XIV. *Horloge à Longitude, N° 35*, 109
CHAP. XV. *De la construction d'une Montre Marine la plus simple pour les vaisseaux marchands, les pivots de balancier tournant dans des trous*, 114
CHAP. XVI. *Horloge à Longitude horisontale à poids, de la construction la plus simple, & réduite au plus petit volume*, 119
ARTICLE I. *Des limites de la force de mouvement du Régulateur des petites Horloges à Longitudes*, 122
ARTICLE II. *Du méchanisme de compensation*, 124
ARTICLE III. *De la construction de l'Horloge à poids*, 126
ARTICLE IV. *Description de cette Horloge*, 131
De la suspension, 138
CHAP. XVII. *Horloge à Longitude, verticale, à poids*, 139
Sa description, 141
CHAP. XVIII. *Description d'instrument, & outils servant aux Horloges & aux Montres à Longitude, &c.* 144
ARTICLE I. *Instrument à graduer les cadrans, &c.* ibid.
ARTICLE II. *Instrument servant à éprouver l'Horloge pour l'isochronisme, & par diverses positions*, 147
ARTICLE III. *Compas à mychromètre, pour la mesure de l'épaisseur des lames des ressorts-spiraux*, 148
ARTICLE IV. *Machine à calibrer, les lames des ressorts-spiraux réglant*, 150
ARTICLE V. *Spiral prêt à tremper*, 151
CHAP. XIX. *Diverses épreuves relatives à l'isochronisme du spiral, & au méchanisme de compensation*, 152
1° Epreuve pour fixer le jeu convenable à l'axe de balancier, 152

2° Epreuve servant à connoître si toutes les parties du méchanisme de compensation, ont le degré de perfection requis, 153
Proposition sur l'isochronisme du spiral. Les plus grands arcs, décrits par le balancier, sont plus isochrones entr'eux que les petits, 155
3° Epreuve; des limites qui fixent l'étendue des arcs décrits par le balancier, 156
Epreuves de l'isochronisme, 157
CHAP. XX. *Des épreuves servant à la formation de la Table composée des arcs & de la température,* 163

SECONDE PARTIE.

Des moyens de perfectionner les Montres de poche, & les Horloges Astronomiques.

CHAP. I. *Des causes de variations des Montres de poche,* 173
CHAP. II. *Des principes de construction des Montres portatives, pour obtenir de ces machines, la plus grande justesse,* 179
Des épreuves qu'il faut faire subir aux Montres Astronomiques de poche, pour obtenir toute la justesse que ces machines comportent, 183
CHAP. III. *Diverses observations sur la construction des Montres de poche,* 186
ARTICLE I. *Du poids qu'il convient de donner au balancier d'une Montre portative, selon la nature de sa construction & de ses frottemens,* ibid.
ARTICLE II. *Régler une Montre dans ses diverses positions, par des masses,* 188
ARTICLE III. *Du rapport entre la force motrice & le Régulateur, selon la nature de l'échappement,* 189

ARTICLE IV. *De la compensation du chaud & du froid dans les Montres*, 190
Description du méchanisme de compensation le plus simple, applicable aux Montres, 192
De la compensation par le balancier même, 194
Sa description, 197
CHAP. IV. *Notion sur les principes de construction de ma première Montre Astronomique, à méchanisme de compensation*, 199
CHAP. V. *Notion de la deuxième Montre Astronomique, à méchanisme de compensation*, 203
CHAP. VI. *Troisième Montre Astronomique*, 206
Description de la Montre Astronomique à trois cadrans, 207
CHAP. VII. *Horloge Astronomique, à trois cadrans*, 209
Sa description, 210
CHAP. VIII. *Horloge Astronomique, Pendule à demi-secondes, échappement libre, première construction*, 215
Seconde construction, 218
CHAP. IX. *Horloge Astronomique allant 42 jours sans être remontée, Pendule composé à chassis, à demi-secondes, échappement libre*, 220
Sa description, 223
CHAP. X. *Du Pendule à demi-seconde, composé avec des tringles, pour la correction des effets du chaud & du froid, & la méthode d'en fixer les dimensions par le calcul, celle de vérifier ces sortes de Pendules, par des épreuves sûres*, 228
1° Disposition du Pendule à demi-secondes, à tringles, *ibid.*
Ses dimensions, 230
Dimension du Pendule à demi-secondes à chassis, 231
2° Méthode de calcul, pour déterminer les dimensions du Pendule, 231
3° De la manière de faire les épreuves d'un Pendule composé à demi-secondes, pour connoître si la correction du chaud & du froid est exacte, 234
CHAP. XI. *De la construction d'une petite Horloge Astronomique, pour servir à la mesure de la pesanteur, par diverses latitudes*, 237
Moyen simple de compensation pour un Pendule, 243

CHAP. XII. *Dimensions de différents rouages de Pendules à secondes, à équation, à sonnerie d'heures & quarts à chaque quart, &c. les nombres des dents des roues & des pignons, & une notion de la disposition des principales parties de ces machines,* 245

ARTICLE I. *Dimensions & nombres du rouage d'une Pendule à secondes & à équation, allant un mois sans être remontée, le mouvement à poids, la sonnerie à ressort,* 245

ARTICLE II. *Dimensions & nombres du rouage d'une petite Pendule de cheminée à secondes à équation, à ressort & à fusée : Pendule composée à demi-secondes, &c.* 253

ARTICLE III. *Petite Pendule de cheminée à demi-secondes & à sonnerie, allant un mois sans être remontée, les heures, les minutes & les secondes concentriques,* 256

ARTICLE IV. *Dimensions & nombres du mouvement d'une Pendule à ressort & à fusée, sonnant les heures & les quarts, à chaque quart, allant un mois sans remonter,* 259

ADDITIONS A LA PREMIERE PARTIE

Du Supplément au Traité des Horloges Marines.

ARTICLE I. *Dans les petites Horloges à Longitudes à vibrations promptes, & à balancier léger, il est préférable de faire rouler la pointe de l'axe, sur un diamant,* 264

ARTICLE II. *Pour faciliter les épreuves de l'isochronisme du spiral, il faut que le bras de la boîte de compensation puisse tourner séparément du bras portant la boîte du pince-spiral,* 266

ARTICLE III. *Construction à employer, pour éviter de démonter le piton du spiral,* 267

ARTICLE IV. *Dans les petites Horloges ou Montres à Longitudes à vibrations promptes, dont le balancier tourne entre des rouleaux, il est préférable de rendre ces machines verticales,* ibid.

ARTICLE V. *Les Montres à Longitudes portatives, décrites Chapitres XII & XIII, première Partie, doivent être maintenues, autant qu'il est possible, dans la même position verticale,* 268

ERRATA.

Page 3, *lig.* 12, c'est-à-dire, ce qu'il faut vérifier, *lisez :* c'est-à-dire, qu'il faut vérifier.

Page 16, *lig.* 13, 5 *lig.*, *lisez* : 3 *lig.*

Page 24, *lig.* 6, par une vis à deux pieds, *lisez* : par une vis & deux pieds.

Page 33, *lisez* : 10 ou de $\frac{\ }{48}$, *lisez*: ou de $\frac{6}{48}$.

Page 36, *lig.* 15, observa ions, *lisez*: observations.

Page 55, *lig.* 3, 5 *lig.* $\frac{\ }{12}$, *lisez* : *lig.* $\frac{5}{12}$

Page 59, *lig.* 10, 0 *lig.* $\frac{7\frac{2}{1}}{12}$ *lisez* : 0 *lig.* $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$

Page 64, *lig.* 19, le *levée-ressort*, *lisez* : la *levée-ressort.*

Page 66, note *(a)* du même rage, *lisez* : du même ouvrage.

Page 71, note *(c)* 56, *lisez* : 561.

Page 75, *lig.* 29, E, *f*, *lisez*: *e*, *f.*

Page 75, dernière *lig.*, le cercle *I*, *lisez*: le cercle *L.*

Page 79, note, j'ai exécuté cinq, *lisez* : six; même note, 30 & 31, *lisez* : 30, 31 & 32.

Page 80, *lig.* 8, la roue de secondes *h*, *lisez*: la roue de secondes *K.*

Page 80, *lig.* 36, C la roue des heures, *lisez* G.

Page 82, *lig.* 6, par secondes, *lisez* : par minute.

Page 83, *lig.* 2, centre $\frac{12}{200}$, *lisez* : $\frac{13}{200}$; même *lig.* au dehors $\frac{11}{300}$ *lisez* : au dehors $\frac{12}{200}$.

Page 92, *lig.* 26, moyenne $\frac{21}{48}$, *lisez* : $\frac{12}{48}$.

Page 104, *lig.* 14, le pignon *d*, *lisez* : pignon *e.*

Page 104, *lig.* 27, le balancier, *p*, *q*, *r*; *S*, la fente, *lisez* : le balancier, *p*, *q*, *r*, *S*; la fente.

Page 108, *lig.* 9, *N*, C, le rochet, *lisez* : *N*, le rochet.

Page 110, note 1 de ce méchanism, *lisez* : de ce méchanisme.

Page 118, *lig.* 12, comme j'ai dit, dans le trou; *lisez* : passe dans le trou.

Page 126, *lig.* 7, l'essort, *lisez* : l'effort,

Page 130, *lig.* 1, 5, *lig.* $\frac{70}{12}$, *lisez* : 5 *lig.* $\frac{7}{12}$.

idem, dernière *lig.*, poulie de renvoie 1, *lisez* : poulie de renvoi I.

Page 136; *lig.* 24 de renvoi 1, *lisez* : de renvoi I,

Page 143, avant dernière *lig.* de la partie *P*, du pont *H*, *P*, *lisez* ; de la partie *S du* pont *S*, *P.*

Page 151, *lig.* 23, *C*, une broche, *lisez* : une broche *C.*

Page 155, *lig.* 1, faut chauffer, *lisez* : il faut chauffer.

Page 161, *lig.* 11 & 12, c'est une des raison, *lisez* : c'est une des raisons.

Page 171, *lig.* 18, par 16 degrés, *lisez* : par 26 degrés.

Page 183, *lig.* 28, étant plus horisontale que verticale, *lisez* : étant horisontale, que lorsquelle est verticale.

Page 210, PLANCHE VII, *lisez*: PLANCHE VIII.

Page 256, *lig.* 24, dans la direction même de XI, *lisez* : de IX, *Idem*, *lig.* 27, placé du côté de X, *lisez* : de IX.

AVIS AU RELIEUR.

Les onzes Planches seront placées selon l'ordre de leurs numéros, à la fin de l'Ouvrage, après la Table des Matières.

DE LA MESURE



DE LA MESURE DU TEMPS.

PREMIERE PARTIE.

Des moyens propres à perfectionner les Horloges & les Montres à Longitudes.

CHAPITRE PREMIER.

Disposition à donner aux Horloges & aux Montres à Longitudes, pour suppléer à l'Isochronisme du spiral.

Compensateur Isochrone.

N° 1. Une des conditions les plus essentielles dans la composition d'une Horloge à Longitudes, c'est l'application d'un ressort spiral réglant qui ait la plus parfaite élasticité,

& qui ſoit tel par ſa nature que cette élaſticité ſoit conſtante de même que ſa figure : or, pour réunir ces deux qualités, il eſt de néceſſité abſolue que le ſpiral ſoit trempé tout plié (*a*), condition qui augmente les difficultés pour obtenir en même tempspar le ſpiral l'Iſochroniſme des vibrations du balancier : cependant je ſuis arrivé à ce point de perfection: mais alors l'iſochroniſme n'a preſque jamais lieu que lorſque les arcs de vibrations différent peu entr'eux; d'ailleurs j'ai ſouvent éprouvé qu'en démontant une Horloge dont le ſpiral avoit été reconnu iſochrone, il ceſſoit de conſerver également cette propriété lorſque l'Horloge étoit remontée, enſorte qu'il falloit les ramener par des épreuves toujours longues. Ce ſont toutes les difficultés que j'ai rencontrées qui m'ont fait recourir à un moyen propre à toujours ramener les oſcillations à l'iſochroniſme.

2. Pour remplir cet objet d'une façon ſûre & ſimple. J'ai fixé ſur l'axe du balancier, au-deſſus des rouleaux, une plaque de cuivre ſur laquelle eſt attachée par deux vis un petit cercle d'acier trempé. Ce cercle eſt diſpoſé de maniere à être rendu plus ou moins excentrique à l'axe du balancier; ſur ce cercle excentrique appuie un rouleau tournant ſur deux pivots, & porté par une chappe attachée à un reſſort dont l'action ſert à rendre les oſcillations du balancier iſochrones, quelque ſoit la nature du ſpiral, propriété que l'on obtient en rendant le cercle excentrique de l'un ou de l'autre côté de l'axe du balancier: j'ai appellé *Compenſateur iſochrone* (*b*) cette diſpoſition ajoutée au Régulateur de l'Horloge.

3. La figure 9, Planche IV repréſente le Compenſateur vu en plan. *N N* eſt une portion du balancier; *a* ſon axe; *y*, *y* le cercle

(*a*) Voyez Traité des Horloges Marines, n° 1298.

(*b*) C'eſt le moyen annoncé *page* 56 des *Eclairciſſements ſur l'invention des Horloges Marines*. J'avois appliqué dès 1773 le Compenſateur iſochrone à pluſieurs Horloges Marines, mais avec une diſpoſition différente. Aulieu du cercle excentrique porté par l'axe du balancier, j'avois placé une poulie à double rainure; ſur chaque rainure étoit attaché un fil de pitte dont les bouts correſpondoient à deux reſſorts fixés ſur la platine du Régulateur. Ce Compenſateur rempliſſoit très-bien mes vues. Mais je le ſupprimai, dans la crainte où j'étois que les fils de pitte ne vinſſent à changer de longueur ou à caſſer.

excentrique porté par cet axe ; z le rouleau Compenſateur dont *P* eſt la chappe ; 7, 8 le reſſort ; & *Q* le pont qui porte ce reſſort ; ce pont s'attache ſur la platine du Régulateur au moyen de deux vis.

4. Nous donnerons cy-après une deſcription plus détaillée du Compenſateur en traitant de l'Horloge n° 35 à laquelle il eſt appliqué. Voy. Chap. XIV.

De la maniere de régler l'Iſochroniſme par le Compenſateur.

5. 1°. Avant de mettre le Compenſateur en action, il faut faire marcher l'Horloge & l'éprouver par différents arcs, afin de connoître ce qui manque à l'iſochroniſme, & dans quel ſens ; c'eſt-à-dire ce qu'il faut vérifier ſi les grands arcs ſont plus lents que les petits, ou ſi ces mêmes grands arcs ſont plus prompts que les petits, & de combien ?

6. 2°. Si d'après cette premiere obſervation les grands arcs ſont reconnus plus lents que les petits, il faut dans ce cas rendre le cercle excentrique comme il l'eſt dans la fig. 9, Planche IV ; c'eſt-à-dire, que le balancier étant arrêté, le cercle excentrique doit être porté du côté du rouleau compenſateur. Quant à la quantité de l'excentricité, elle eſt relative à celle qui manque à l'iſochroniſme : par exemple, dans l'Horloge n° XXV (*a*) pour 10 dégrés de différence dans l'étendue des arcs, il y avoit 22″ de différence en 24 heures, dont les grands arcs étoient plus lents que les petits ; auſſi ai-je porté l'excentrique preſque tout entier du côté du rouleau. J'ai obtenu le reſte, en augmentant la bande du reſſort compenſateur. Dans l'Horloge n° XXIII j'ai trouvé que les arcs d'inégale étendue étoient fort près d'être iſochrones ; ainſi il a fallu donner peu d'excentricité au cercle.

7. Si les grands arcs ſont plus prompts que les petits, il faut, lorſque le balancier eſt arrêté, que la ligne des centres de l'excentrique & du balancier ſoit paralelle à

(*a*) Embarquée en 1785 pour l'expédition de M. de la Peyrouſe.

la direction (*a*) du ressort, compensateur, comme on le voit fig. 10, Planche IV. C'est de cette maniere que je l'ai appliqué à l'Horloge Marine n° 22 à poids. L'excentrique étant placé de maniere que lorsque le ressort compensateur se bande, le ressort spiral agit en s'ouvrant.

8. 4°. On conçoit que, lorsque le cercle compensateur est rendu concentrique à l'axe de balancier, il ne produit aucun effet; c'est-à-dire que les oscillations restent de même nature, & comme s'il n'étoit pas appliqué à l'Horloge: & telle devroit être sa position, si les oscillations naturelles du balancier étoient parfaitement isochrones. Dans cette supposition ce méchanisme deviendroit inutile: mais ce cas est fort rare, & il faudroit encore conserver le compensateur; car on n'est pas certain que l'Horloge ayant été démontée, & ensuite remontée, les oscillations soient les mêmes: & c'est sur-tout un usage essentiel du Compensateur, & par lequel on est maître de ramener dans tous les cas les oscillations à l'isochronisme.

9. 5°. Pour peu que le cercle compensateur soit rendu excentrique, il changera la nature des oscillations, & diversement selon le sens de son excentricité. On peut donc toujours ramener les arcs à l'isochronisme, quelque soit la nature des oscillations.

10. 6°. C'est particulierement par l'excentricité du cercle compensateur que l'on parvient à ramener les arcs inégaux à l'isochronisme; mais on peut également faire concourir le plus ou le moins de force du ressort compensateur, soit par le plus ou le moins de bande, soit en changeant de lame.

11. 7°. On peut estimer très-sûrement la quantité dont on rend le cercle compensateur excentrique, par la marche même de l'Horloge. Par exemple, dans le n° XXIII

(*a*) On peut varier à volonté la direction de l'excentrique relativement à celle du ressort compensateur, en faisant tourner la plaque qui porte l'excentrique: cette plaque est ajustée sur l'axe de balancier par un canon qui porte une vis de pression, & en changeant cette direction on parvient encore à l'isochronisme. *Voy.* Chap. XIV.

l'Horloge retardoit de 1′ 43″ en 3^{h} par les arcs 113^{d} ſans compenſateur ; & avec le compenſateur, elle retardoit de 1′ 46″ $\frac{1}{2}$ dans le même temps, & par les mêmes arcs : le compenſateur a donc rendu les oſcillations de 3″ $\frac{1}{2}$ plus lentes : & comme le cercle étoit trop excentrique, il a fallu réduire cette différence à 1″ $\frac{1}{2}$ environ en 3^{h} : je l'ai diminuée & l'Horloge a retardé de 1′ 44″ en 3^{h}. Ainſi la quantité dont on a diminué l'excentricité a diminué le retard de 2″ $\frac{1}{2}$ en 3^{h}, & par ce point les oſcillations ſont iſochrones. Ces différences ſervent donc de meſure pour l'excentricité. On peut eſtimer par le même moyen l'effet d'augmentation ou de diminution de bande du reſſort compenſateur.

12. 8°. Pour conduire très-ſûrement l'excentrique à ſon vrai point, on pourroit le faire mouvoir par une vis de rappel, & toujours ſans rien démonter, & même ſans être obligé de deſſerrer les vis qui le fixent.

13. 9°. Enfin le compenſateur iſochrone, tel que je l'ai décrit ci-devant, & que je l'ai appliqué à cinq Horloges, & à ma montre à Longitudes portative, peut être appliqué de la même maniere à toutes les Horloges à Longitudes, ſoit à poids ou à reſſort. C'eſt l'unique moyen de donner facilement à ces machines la plus rigoureuſe préciſion.

CHAPITRE II.

Des moyens propres à obtenir plus de juſteſſe des Horloges à Longitudes dans les voyages de long cours.

Table d'équation compoſée de la température & des arcs.

14. DANS l'uſage que l'on a fait de mes Horloges Marines, il a été néceſſaire que les obſervateurs qui ont été chargés de ces machines, fiſſent pendant le cours d'une

campagne, des vérifications de la marche de ces machines, afin de tenir compte des changemens qui y étoient survenus ; changemens qui sont toujours produits par l'augmentation dans les frottements (a), & par l'épaississement de l'huile, & dont les effets sont de diminuer l'étendue des vibrations du balancier. Or comme il n'est pas toujours facile au navigateur de faire ces vérifications, & que dans les voyages de long cours, les Horloges à Longitudes n'auroient pas la même utilité ; je me suis toujours appliqué à construire ces machines, desorte que les changemens qui arrivent dans les huiles, & par conséquent dans les frottements, ne pussent influer sur la marche des Horloges ; mais malgré tous mes efforts, il reste encore quelques petites différences qu'il seroit important de prévenir. Or le moyen le plus sûr, c'est de former pour chaque Horloge à Longitudes, une Table qui indique les quantités dont la marche de cette machine varie, lorsque les arcs de vibrations du balancier sont diminués de 5 degrés 10[d] &c. C'est cette Table que j'ai appellé *Table composée des arcs & de la température.*

15. Pour remplir cet objet d'une façon simple & commode, j'ai fait percer les tambours des Horloges à Longitudes vis-à-vis les balanciers ; ces ouvertures sont recouvertes par un cadre qui porte une glace. Au-dessous du balancier est placé un limbe gradué en degrés, lequel sert à indiquer l'étendue des vibrations au moyen d'une cheville portée par le dessous du balancier, & qui sert d'index : c'est ainsi que sont disposées les Horloges n[os] XIV, XV & XVI, que j'ai livrées pour la Marine d'Espagne en 1775 ; & les Horloges n[os] XVII XVIII, &c. que j'ai livrées pour celle de France en 1776 : mais je fus alors forcé de livrer toutes ces machines, sans avoir pu les accompagner de cette Table essentielle, faute de temps. D'ailleurs je rencontrai alors beaucoup de difficulté pour la formation de ces Tables : mais depuis j'ose me flatter d'avoir levé ces difficultés par les moyens que nous allons exposer.

(a) Traité des Horloges Marines, n° 65.

16. La Table que je propose ici pour tenir compte des quantités qui manquent à l'isochronisme, m'avoit d'abord paru difficile à former, à cause des quantités qu'il falloit démêler, & qui peuvent appartenir à la condensation des huiles par le froid, ou à l'épaississement naturel des huiles qui se fait à la longue, deux choses qui produisent le même effet, savoir, la diminution d'étendue des arcs de vibrations du balancier : or la premiere quantité, savoir la diminution des arcs par le froid, se trouve nécessairement comprise dans *l'équation de la température* qui accompagne les Horloges, lorsqu'elles vont à la mer, puisque la compensation se fait tandis que les arcs varient du chaud au froid. Mais si l'on dresse la nouvelle Table, de sorte qu'elle marque non-seulement l'étendue des arcs du balancier, lors des épreuves pour la compensation, mais qu'elle annonce encore d'avance la marche de l'Horloge lorsque le balancier décrira de plus petits arcs, on aura des termes qui donneront la valeur de la diminution des arcs produits par l'épaississement propre des huiles.

L'examen que nous allons faire servira encore à assurer l'usage de la Table, & à éclaircir ce que nous venons d'énoncer.

1°. *Pour la Table de la température seule.*

17. Si l'Horloge est telle qu'au moment des épreuves servant à former la table de la température, les arcs de vibrations du balancier ne varient pas du chaud au froid; mais qu'ensuite les arcs viennent à diminuer, il arrivera nécessairement que l'Horloge variera par la raison que les arcs inégaux ne sont pas isochrones par diverse température, correction que la Table d'équation de la température ne peut pas corriger étant seule. L'Horloge ne peut donc conserver la marche qu'elle avoit lors de la formation de la Table, qu'autant de temps que les arcs seront de la même étendue qu'ils avoient à cette épo-

que : voilà les premiers motifs qui m'ont fait propofer la Table des arcs. Il faut maintenant examiner fi cette Table peut être véritablement utile dans tous les cas : mais auparavant, voyons encore fous un autre point de vue, la Table de la température employée feule comme je l'ai fait jufques ici.

18. 2°. Je fuppofe qu'à l'inftant de la formation des épreuves fervant à former la Table de la température, les arcs de vibration du balancier foient plus petits de 10 degrés par le froid que par le chaud. Dans ce cas, la compenfation, ainfi que la table de la température, comprendront l'écart qui a lieu pour le non ifochronifme de ces 10^{d} des arcs ; & l'Horloge confervera la même jufteffe pendant tout le temps que les arcs décrits par le balancier conferveront la même étendue & par le chaud & par le froid : mais dès que ce premier état changera par une autre caufe, favoir, l'épaiffiffement propre des huiles, l'Horloge aura un écart quoiqu'on y applique les termes de l'équation pour la température. La table de la température feule ne peut donc corriger que les erreurs fur lefquelles elle a été établie, & pendant le temps feulement que l'Horloge reftera dans l'état où elle étoit lors de fa formation de la Table : la même chofe auroit lieu, quand même la compenfation feroit complette & parfaite par tous les degrés de température.

3°. *Des Tables d'équation pour la température & d'équation des arcs réunies.*

19. Les termes qui forment la Table des arcs & de la température étant établis, il eft évident que fi enfuite les arcs viennent à changer d'étendue, la jufteffe de l'Horloge n'en peut être affectée, puifque ces deux Tables réunies comprennent toutes les variations qui peuvent avoir lieu, tant à raifon des changemens de température qu'à raifon de la diminution des arcs de vibrations, & par conféquent du non-

non-iſochroniſme, les ſeuls écarts qui peuvent avoir lieu. Car ſi les arcs de vibrations du balancier reſtoient conſtamment de la même étendue, il eſt évident que la Table ſeule de la température indiqueroit les variations de l'Horloge; & que ſi les arcs varient, la Table des arcs indique complettement & ſans mêlange la correction à faire.

20. Si la compenſation du chaud & du froid eſt complette & parfaite, & que le balancier dans les épreuves du chaud & du froid, ait décrit la même étendue d'arc, ainſi que je l'ai expliqué; dans cette ſuppoſition, on n'a beſoin que de la Table des arcs, qui comprendra ſeule toutes les variations de l'Horloge. La compenſation tient alors lieu de la Table de la température.

21. Un avantage eſſentiellement grand de la Table des arcs réunis à celle de la température, de la maniere que je l'emploie actuellement, c'eſt que ſi un ſpiral n'eſt pas parfaitement iſochrone, il n'en peut réſulter aucune erreur dans l'uſage de l'Horloge, puiſque la Table comprend & prédit d'avance au navigateur les écarts qui doivent avoir lieu, tant à raiſon des changemens de température, que des changemens qui arriveront dans l'étendue des vibrations du balancier.

22. En examinant avec attention la nature des termes qui compoſent les Tables de la température, & celle des arcs, il me paroît qu'il convient employer les quantités qui compoſent ces Tables ſous la même forme, & réunies dans une ſeule Table. Car dans les épreuves qui ſervent à les établir, chaque réſultat eſt compoſé de la variation par la température, & de celle du non-iſochroniſme par divers arcs.

Nous donnerons dans le Chapitre XX tous les détails ſervant à la formation de la Table compoſée des arcs & de la température.

CHAPITRE III.

De l'exécution des ressorts spiraux. Méthode propre à les tremper pliés. Dimensions des ressorts pour l'Isochronisme.

Nº 23. J'AI à traiter dans cet article un des objets le plus intéressant des Horloges à Longitudes, celui qui m'a coûté le plus de recherches, de peines & de dépenses. Je n'entrerai cependant pas dans les détails immenses, où j'ai été entraîné par cette recherche ; cela seule formeroit un volume. Je me contenterai de donner le résultat du travail que j'ai fait sur cette partie, depuis la publication du Traité des Horloges Marines, dont ceci est la suite.

24. La premiere propriété que j'ai recherchée dans le spiral, est celle de fixer sa figure par une forte trempe ; la seconde de le rendre isochrone, & j'ai fait tous mes efforts pour réunir ces deux qualités : mais quoique celle de l'isochronisme soit désirable, elle n'est pas d'une nécessité aussi rigoureusement absolue que la premiere, celle d'avoir sa force & sa figure inaltérable : car une Horloge dont le spiral ne seroit pas parfaitement isochrone, pourroit malgré cela conserver une très-grande justesse ; ainsi que cela est arrivé à l'Horloge nº 8, dans la premiere campagne. Les changemens dans la figure du spiral sont d'une toute autre conséquence, parce qu'ils peuvent être produits tout-à-coup ; & c'est à cette cause que l'on doit attribuer les erreurs du Nº 6. (Voyez *Traité des Horloges* Nº 739.). Or pour fixer rigoureusement la force & la figure du spiral, on ne peut y parvenir sûrement qu'en le trempant tout plié ; car par les méthodes que l'on peut employer pour éviter de

tremper les ressorts pliés, il en résulte deux défauts essentiels : 1°, c'est que le spiral qui étoit isochrone cesse de l'être lorsque les spires se sont ouvertes ; 2°, que le spiral se trouve dans un état forcé, deux causes de variations considérables J'insiste donc sur la nécessité absolue d'employer dans les Horloges à Longitudes, des ressorts spiraux trempés tout pliés : il est vrai qu'il est difficile d'obtenir en même temps que ces ressorts soient isochrones. Mais je suis cependant arrivé à ce point désiré : ce sont les procédés servant à ce travail, que je vais décrire.

25. Nous avons prouvé, *Traité des Horloges Marines*, que pour parvenir à rendre un spiral isochrone, la lame doit être faite en fouet le plus fort au centre, plié, serré par un grand nombre de tours. Depuis la publication de cet Ouvrage, j'ai fait grand nombre d'épreuves pour déterminer la progression que doit suivre la lame dans cette diminution, & je l'ai heureusement fixée ; & pour en rendre l'exécution sûre, j'ai construit divers instruments propres à donner la force convenable à la lame, & sur-tout pour la calibrer avec la plus rigoureuse précision : on trouvera la description & l'usage de ces instruments, Chap. XVIII.

26. En indiquant dans le *Traité des Horloges Marines*, les principes qui constituent l'isochronisme du spiral, j'ai dit N°s 155 : 222 : 235 & 239, qu'en pliant un spiral par un grand nombre de tours serrés, on parvient à l'isochronisme, parce que les inflexions se font par des leviers plus égaux entr'eux. En partant de ce principe que j'ai prouvé par l'expérience, il est évident que si, aulieu de donner au ressort réglant la figure spirale, on le plioit en cylindre de la même maniere que j'ai fait plusieurs grands ressorts moteurs pour mes premieres Horloges, l'action se feroit par le même levier, & la force ascendante ne seroit plus produite que par la nature même du ressort ; aulieu que, dans le spiral, elle est composée de cette même force, & de celle qui est le produit de l'action des leviers inégaux, tels que les donnent les spires du ressort. La fig. 10 de la Planche VII représente un des

grands ressorts que j'avois fait exécuter en 1767, pour suppléer le grand ressort moteur ordinaire ; mais j'ai abandonné cette espece de ressorts à cause des difficultés d'exécution.

27. Après avoir tenté divers moyens pour tremper les ressorts tout pliés, je suis revenu à la premiere méthode que j'avois employée pour tremper les ressorts spiraux de ma premiere Horloge, celle de contenir les spires par des *brides* : (Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, N° 2166) ; mais il restoit la difficulté de faire des brides qui fussent exactement entaillées d'après les spires, & assez exactes pour ne pas changer la figure spirale du ressort ; & j'ai heureusement imaginé un moyen simple & sûr qui m'a parfaitement réussi. Je plie d'abord convenablement la lame qui doit former le spiral au moyen de l'outil destiné à cet usage, (*Traité des Horloges* 1147) en faisant chauffer le ressort à mesure. Lorsqu'il est plié assez serré, je le fais recuire légérement dans l'outil à tremper, & le laisse refroidir dans l'outil. Ensuite je travaille le ressort avec des pinces pour lui donner la figure spirale la plus exacte. En cet état, je prends un morceau d'étain figuré en lame de couteau, j'en pose le tranchant sur le spiral, & de sorte qu'il le traverse diamétralement ; je donne alors un coup de marteau sur le dos de la lame d'étain, le spiral étant posé à plat sur la table : les spires font des marques ou entaillés sur le tranchant de la lame d'étain, & s'impriment de sorte que cette lame sert de matrice (voy. Planche VII fig. 7 dont A B représentent la matrice d'étain). Pour entailler les petites regles de fer qui doivent former les brides, je mets deux de ces brides en croix de chaque côté : on conçoit qu'il faut imprimer deux lames d'étain pour chaque ressort. La seconde doit être imprimée en croix, ou à angle droit de la premiere position, par laquelle on a fait la premiere impression. Ces brides sont attachées par des liens ou chassis de fer qui les fixent par chaque bout. Ces chassis serrent les brides par des vis, ce qui rend absolument fixe les spires du ressort.

Voilà une idée de la méthode que j'emploie pour le travail des ressorts spiraux.

Je vais en donner les détails par ordre.

Dimensions des ressorts spiraux Isochrones.

28. Spiral de l'Horloge N° X.
Il a 11 lig. $\frac{1}{3}$ de diametre.
Il fait cinq tours.
Sa largeur, 2 lignes $\frac{10\frac{1}{2}}{12}$.
Épaisseur au centre, lig. 0 $\frac{21}{200}$.
Épaisseur au dehors, lig. 0 $\frac{19}{200}$.
Il tire 18 grains à cinq degrés de la balance élastique.

29. Spiral de l'Horloge, N° XXIV:
A de longueur 7 pouces 9 lignes.
Il fait 4 tours $\frac{1}{4}$.
Son diametre est de 10 lignes.
Épaisseur au centre, lig. 0 $\frac{19}{200}$.
Épaisseur au dehors, lig. 0 $\frac{18}{200}$.
Tire 20 grains à 5 degrés de la balance élastique.

30. Spiral de l'Horloge, N° XXV.
Longueur, 6 pouces.
Largeur, 1 lig. $\frac{7}{12}$.
Épaisseur au centre, lig. 0 $\frac{15\frac{1}{2}}{200}$.
Au dehors, lig. 0 $\frac{14\frac{1}{2}}{200}$.

31. Les spiraux des petites Horloges à Longitudes N° XXVII, &c.
Ont de diametre 5 lig. $\frac{10}{12}$.
Font quatre tours $\frac{1}{2}$.
Longueur, 5 pouces.
Largeur de la lame, lig. 0 $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$.
Épaisseur au centre, lig. 0 $\frac{12}{200}$.
Au dehors, lig. 0 $\frac{11}{200}$.

32. Spiral de la petite Horloge, N° XXXVI.

Sa longueur, 5 pouces $\frac{1}{2}$.
Il fait cinq tours $\frac{1}{2}$.
Largeur $\frac{1}{2}$ ligne.
Épaiſſeur au centre, lig. o $\frac{11}{200}$.
Au dehors, lig. o $\frac{10}{200}$.

Détails des procédés ſervant au travail des reſſorts ſpiraux.

33. Meſurer avec le compas à micrometre (décrit ci-après Chap. XVIII), les lames qu'on a fait exécuter par le faiſeur de reſſorts. On choiſira celles qui ſont d'épaiſſeur convenable, & qui ſont faites en fouet: elles doivent avoir 19 degrés du compas pour le centre du reſſort, & 17 degrés au dehors, à 8 pouces de diſtance du centre (*a*), la longueur totale des lames en ce premier état doit être de 18 pouces.

34. Travailler & égaliſer les lames avec l'outil à calibrer (décrit Chap. XVIII), & de ſorte qu'elles aient les dimenſions fixées ſavoir 19^d au centre, 17^d à 8 pouces de diſtance, meſurées avec le compas à micrometre.

35. Couper les lames à l'endroit où l'épaiſſeur eſt 19 degrés; la longueur depuis ce point qui formera le centre doit être de 10 pouces.

36. Bleuir les lames, & les faire même paſſer le bleu, c'eſt-à dire leur donner un bleu gris.

37. Reçuire les bouts des lames à la chandelle pour y faire *l'œil*; le bout qui doit former le centre du reſſort, doit être recuit dans la longueur d'environ 2 pouces, âfin qu'en pliant la lame, elle ne caſſe pas.

38. Plier les bouts des lames avec les pinces à ſpiraux, de façon qu'ils forment un crochet.

39. Fendre ces bouts ainſi pliés avec une lime à égalir

(*a*) Ce ſont ici les dimenſions des reſſorts ſpiraux des grandes Horloges à poids, N°s XVII & XVIII, & de l'Horloge à reſſort, N° XXIV.

pour faire les ouvertures des crochets, & terminer l'œil du centre à la lime, & ôter les rebarbes.

40. Plier avec les pinces à ſpiraux l'œil du centre pour le préparer à aller ſur l'outil à plier les reſſorts.

41. Plier à froid le reſſort avec l'outil à plier les reſſorts, ſe ſervir d'un arbre dont la groſſeur ſoit de 3 lig. $\frac{1}{2}$.

42. Placer le reſſort ſur l'outil à plier, ſur l'arbre de 3 lig. $\frac{1}{2}$, & en tournant la manivelle de l'outil, le ſerrer tout contre & arrêter le bout extérieur avec le levier à crochet fait à ce deſſein. En cet état, il faut faire chauffer doucement l'arbre & le reſſort ſur un petit braſier ; plonger le reſſort ainſi ſerré avec ſon arbre dans de l'huile, le chauffer encore, & lorſqu'une goutte d'huile tombe dans le feu, replonger de nouveau le reſſort toujours ſerré dans l'huile. Je dois obſerver par rapport à cette opération, qu'il ne faut pas trop chauffer le reſſort, crainte de le plier trop ſerré, parce qu'on a plus de peine à le rouvrir qu'à le reſſerrer avec les pinces à ſpiraux, lorſqu'il eſt trop ouvert ; il vaut mieux plier le reſſort au feu ſur l'outil, en allant de proche en proche.

43. Les lames de reſſort étant pliées convenablement de cette maniere, il faut les placer dans l'outil à *recuire*, & placer l'outil dans un braſier ſans souffler ; on laiſſera l'outil à recuire juſqu'à ce qu'il ſoit couleur de ceriſe, & pas plus ; car ſi on recuit trop les reſſorts, cela corrompt l'acier de ſorte qu'il ne peut plus prendre une bonne qualité de trempe : d'ailleurs quand les reſſorts ſont trop recuits, il ne ſe travaillent plus ſi bien avec les pinces à ſpiraux. L'outil à recuire étant donc couleur de ceriſe, on le retire du feu, & on le laiſſe refroidir, les reſſorts reſtant dedans ; car ſi on retiroit les reſſorts de dedans l'outil, pendant qu'il eſt chaud, il s'éleveroit une écaille ou paille ſur les reſſorts, qui en changeroit la force, & qui ôteroit le poli de la lame.

44. Couper avec une lime à feuille de ſauge, le bout intérieur de l'œil, ainſi que le bout extérieur à l'endroit

du trou fait pour le crochet de l'arbre à plier : ce ressort ne devant plus être placé sur le tour à plier les ressorts, l'un & l'autre bout devient inutile.

45. Achever de plier en spirale avec les pinces à spiraux, les ressorts préparés. Pour cet effet, il faut avoir au moins quatre pinces à spiraux de différentes grosseurs & courbures pour les ressorts des grandes Horloges, & autant pour ceux des petites : & il en faut deux ou trois droites sans taille pour servir à ouvrir les spires trop fermées. Quand les ressorts sont pliés trop grands au feu, il faut commencer à travailler les ressorts par le centre avec les petites pinces courbes : on pliera le bout du centre de la grosseur convenable pour la virole. Pour les grandes Horloges, cette virole doit avoir 5 lignes de diametre : les viroles pour les spiraux de moyenne force, comme celui de N° XXV, ont 2 lig. $\frac{4}{12}$: & pour les petites Horloges, le diametre de la virole est de 1 lig. $\frac{8}{12}$. Si les spires du ressort sont trop serrés au feu, il faut les ouvrir avec les pinces droites en commençant par le dehors. Le ressort étant ouvert convenablement, on le plie par le centre avec les pinces courbes. Il faut que les ressorts soient parfaitement pliés en spirale, ensorte que les courbures & les intervalles soient uniformes dans toute l'étendue du ressort : l'intervalle entre les spires des grandes Horloges doit être par-tout de $\frac{3}{4}$ de ligne, & pour les petites Horloges, cet intervalle est de $\frac{1}{2}$ ligne au plus.

46. Les ressorts étant parfaitement pliés en spirale, il faut les placer successivement sur la virole d'épreuve qui doit être de la même grosseur que la virole qui doit servir, & dont j'ai donné la mesure ci-dessus ; on serrera le bout intérieur du spiral sur cette virole, au moyen de ses deux vis, & de la plaque d'acier ; on montera la virole sur un *arbre* lisse ; on fera ainsi tourner le spiral sur cet arbre, afin de voir si les spires sont concentriques à l'axe ; si elles ne le sont pas, on travaillera en conséquence la spire du centre jusqu'à ce que le spiral tourne *rond*, c'est-à-dire que la spirale ne soit pas excentrique à l'arbre ou virole : on examinera

minera

minera si les côtés du spiral tournent droit, ce que l'on corrigera s'il en est besoin, en le faisant tourner parfaitement dans le même plan.

47. On prendra un des *couteaux d'étain*, (A B, fig. 7, Planche VII, que l'on figurera convenablement; le dos de la lame ayant environ une ligne d'épaisseur, & le tranchant, qui doit être arrondi, ayant $\frac{1}{2}$ ligne au plus : on posera un des ressorts que l'on a pliés & terminés, à plat sur le laboratoire; on posera sur le spiral, le tranchant du couteau d'étain, que j'appelle *la matrice*, ensorte qu'en passant par son centre, elle en forme un diametre qui passe en même tems par le bout extérieur du spiral : en cet état on frappera un coup de marteau à tête un peu large & plate, ayant attention que le coup porte au-dessus du centre du spiral, afin que tous les bords de chaque spire s'impriment sur le tranchant de la *matrice* d'étain : si un seul coup n'a pas assez imprimé, on en donnera un second avant de dégager la matrice : on dégagera la matrice, & on numérotera 1 le bout d'abord imprimé, & on se souviendra que ce bout doit répondre au bout extérieur du spiral à un endroit qui sera remarquable par l'impression même de l'étain qui l'aura un peu blanchi.

On prendra le bout non imprimé de la matrice (*a*), & on l'appliquera sur le spiral dans une position qui passe par le centre comme dans la premiere, & à angle droit sur la premiere position : en cet état on frappera un coup de marteau pour imprimer les bords des spires sur le tranchant de la matrice; on fera la marque 2 sur ce bout de la matrice.

48. Je fais préparer plusieurs lames du fer le plus doux pour servir de brides. J'en applique une sur le bout marqué 1 de la matrice. Je fais un peu déborder du bord de la bride, le tranchant imprimé de la matrice (*b*); en cet état je serre l'une contre l'autre à l'étau. Je prends une petite lime à

(*a*) La longueur des matrices peut être de deux pouces $\frac{1}{4}$, afin de faire deux impressions sur chacune.

(*b*) Il faut aussi que les bouts des brides soient assez saillants en dehors des entailles de la matrice, & par conséquent du ressort, afin de recevoir les chassis qui doivent les fixer sur le ressort.

fendre, de l'épaiſſeur des entailles imprimées à la matrice. Je poſe bien exactement dans une entaille & fais une légere fente à la bride, & de même à toutes les entailles du bout N° I. Je marque un trait oblique au bout de la bride, qui indique ſon repaire avec le reſſort.

49. Je prends une ſeconde lame de fer, & l'applique de la même maniere ſur le bout N° II. de la matrice. Je fais les fentes comme dans la premiere opération ; je marque cette bride par un repaire de deux traits obliques.

50. Je prends une petite ſcie de reſſort dont l'épaiſſeur eſt la même que celle des ſpiraux : cette ſcie ſe place & ſe fixe dans un *doſſier* monté ſur un manche de limes : au moyen de cette *ſcie à doſſier* je forme aux deux brides de fer, des entailles d'égales profondeurs, & auſſi larges que la lame du ſpiral eſt épaiſſe, afin que les ſpires y entrent juſte & ſoient maintenues dans leur figure & reſtent dans le même plan.

51. Je prends une autre lame de fer & l'applique ſur celle N° I ; Je les ſerre à l'étau ; & avec la ſcie à doſſier je marque à cette nouvelle bride, les entailles de la premiere, & je fais le repaire.

52. Je prends de même une autre lame & l'applique ſur la bride N° II, & y marque avec la ſcie à doſſier les fentes, je marque un repaire de deux traits à cette nouvelle bride.

53. J'acheve d'enfoncer les fentes des deux dernieres brides.

54. Je fais au milieu de la longueur de chaque bride N° I, une entaille enfoncée à moitié de ſa hauteur, & du côté oppoſé aux fentes des ſpires : je fais de même au milieu de la longueur des brides N° II une entaille enfoncée à moitié leur hauteur, mais du côté même des fentes des ſpires. Au moyen de ces entailles, on peut faire l'aſſemblage des 4 brides en croix, & l'une au deſſus de l'autre. Voy. Pl. VII, *fig. 6*.

55. Je poſe le ſpiral à plat ſur le laboratoire, & prends une bride N° I, & la place ſur le ſpiral dans le même

sens, & à l'endroit même où j'ai posé la matrice pour former la premiere marque d'impression : je fais entrer les spires dans les fentes.

56. Je prends une bride N° II, & la pose en croix sur le spiral, de sorte que le bout marqué II soit du même côté du spiral où étoit le bout II de la matrice, lors de l'impression ; je fais entrer le spiral dans les fentes.

57. Je retourne doucement le spiral & le pose à plat sur le laboratoire, sur ses deux brides. Je place la bride N° I vis-à-vis celle N° I de dessous, & fais entrer les spires dans les entailles. Je prends de même l'autre bride N° II, & la fais entrer en croix sur le spiral, vis-à-vis celle N° II de dessous.

58. Je prends quatre chassis à vis pareils à celui C D, Pl. VII, *fig.* 7, & les fais entrer sur les bouts des brides saillants au dehors du spiral : je serre les vis, & fixe à demeure les brides avec le spiral, en sorte que le tout ne forme plus qu'un même corps : voyez la *fig.* 6, Planche VII, qui représente cet assemblage. Tous les ressorts ainsi préparés sont prêts à être trempés.

59. Je place un ressort ainsi fixé avec ses brides dans l'outil à tremper les ressorts (*Traité des Horloges Marines*, N° 1142.) Après avoir fermé l'outil je le place dans une grande poële pleine de charbon allumé : je laisse l'outil se chauffer sans soufler, & jusques à ce qu'il ait pris le degré de chaleur naturelle du brasier. Lorsque l'outil à tremper est d'un rouge cerise, je le tire du feu & le porte sur un poëlon rempli d'huile d'olive : en ce moment j'ouvre l'outil & laisse tomber doucement le ressort dans l'huile : je trempe de la même maniere tous les ressorts que j'ai préparés, & j'en dispose toujours au moins une douzaine à la fois, afin d'avoir à choisir. D'ailleurs il y a de l'avantage à exécuter & tremper plusieurs ressorts à la fois ; car lorsque l'outil à tremper est une fois échauffé, on place un autre ressort dedans, on referme l'outil, & on le remets un moment au feu, pour lui faire

reprendre le rouge convenable, ce qui eſt bientôt fait : on trempe de nouveau ce reſſort, & ainſi de ſuite.

60. Tous les reſſorts que j'ai préparés, étant ainſi trempés, je déviſſe les vis des chaſſis leſquelles doivent être faites de fer pour ne pas ſe tremper. J'ôte doucement ces chaſſis & je retire enſuite avec précaution les quatre brides de chaque reſſort, afin d'éviter de caſſer les reſſorts. Toutes les brides qui ont une fois ſervi à la trempe des reſſorts deviennent inutiles, car à chaque reſſort il en faut de nouvelles. Il faut auſſi effacer l'impreſſion faite aux matrices d'étain ; on doit en avoir autant que de reſſorts que l'on veut tremper. On conſervera les chaſſis à vis, parcequ'ils ſerviront à toutes les trempes que l'on voudra faire

61. Pour connoître les reſſorts qui ſont d'une bonne trempe, je caſſe un petit morceau de chaque bout du ſpiral, & je rejette les reſſorts qui ne ſont pas de la plus forte trempe : ils doivent, pour être tels, caſſer ſec : je rejette également les reſſorts dont la trempe a trop dérangé la figure. Nous obſerverons, par rapport à l'eſſai de la trempe, que l'on peut le faire, avant même d'ôter les chaſſis & les brides ; & on peut eſſayer de retremper ceux qui ſont mols.

62. Après avoir choiſi les reſſorts qui ont la meilleure trempe, & la figure moins dérangée, je blanchis les bouts extérieurs de ces reſſorts avec de la pierre à huile en poudre, appuyant le bout ſur un morceau de bois de buis figuré convenablement. Je nétoie ce premier tour de chaque reſſort après qu'il a été blanchi.

63. Je place un reſſort dans l'outil à bleuir, afin de le faire revenir jaune : j'en fais autant à tous les reſſorts, cette précaution étant néceſſaire pour éviter qu'on ne caſſe les reſſorts en les poliſſant.

64. Je polis les reſſorts, & c'eſt une opération qui exige de l'adreſſe & de la patience. Pour polir les reſſorts, j'attache un bois de buis convexe d'un côté pour ſou-

tenir le reſſort, lorſque je polis le dehors ou côté extérieur ; & concave de l'autre côté, pour ſoutenir le reſſort, lorſque je polis le dedans. Je prends du bois blanc & de la pierre à huile broyée, pour adoucir le reſſort ſpiral des deux côtés, dedans & dehors. Le ſpiral bien adouci, je le nétoie, & prends enſuite du rouge d'Angleterre pour le polir ; je netoie chaque reſſort, & me ſers pour cet effet de linge fin & de pinces à goupilles plates & minces.

65. Le ſpiral étant poli & nétoyé, je le prépare pour le bleuir, & je fais ſervir en même-temps cette opération pour faire reprendre au reſſort l'exacte figure ſpirale que la trempe lui a fait perdre. Pour cet effet j'introduis entre les ſpires trop ſerrés, de petits coins faits avec du bois de *Fuſain*, afin de les écarter convenablement : & pour ramener les ſpires qui ſont trop ouvertes, je place le ſpiral ſur une plaque de cuivre mince bien dreſſée, ſur laquelle je marque & place des chevilles qui contraignent la lame, pour la redreſſer & lui faire prendre la figure ſpirale la plus exacte. (On conçoit qu'il faut placer de nouvelles chevilles pour chaque nouveau reſſort.) Le ſpiral ainſi ramené à la figure qu'il avoit avant la trempe, on le poſera avec ſa plaque de cuivre dans l'outil à bleuir, & au moyen d'une groſſe chandelle, en échauffant cet outil on bleuira le ſpiral : & pour qu'il ſe bleuiſſe bien également, lorſque le deſſous commencera à bleuir, on retournera le ſpiral ſens deſſus deſſous dans l'outil. Une autre méthode que j'emploie pour ramener le ſpiral à ſa vraie courbure, c'eſt de prendre une pince à ſpiral ayant la courbure convenable, de pincer le ſpiral à l'endroit où il eſt mal courbé & trop ouvert, & en faiſant chauffer la pince avec le chalumeau en deſſous du ſpiral, celui-ci reprend la vraie courbure : ſi la ſpire eſt trop fermée, je me ſers d'une pince plate.

66. Tous les reſſorts étant bleuis & ramenés à la figure ſpirale, il faudra les éprouver ſur la *Balance élaſtique* (Traité des *Horloges Marines*, n° 1144) afin de connoître ceux qui ſont propres à l'iſochroniſme. Pour cet effet, on placera chaque reſſort ſpiral ſur la virole d'épreuve ayant 3 lig. de diamètre ;

on le disposera de sorte qu'il soit exactement concentrique & droit ; on l'appliquera sur l'axe de la balance, & on l'éprouvera. Si la force du ressort croît en progression arithmétique, ou si, à la fin de la bande par 120 degrés, par exemple, elle décroît, ce spiral peut être réputé isochrone (*Traité des Horloges,*) n° 141, 226. Mais si la force est en plus grande progression que celle arithmétique, le spiral ne sera pas isochrone en ce point ; on l'accourcira donc & on cherchera, de proche en proche, s'il a dans sa longueur un point par lequel il puisse être isochrone : cette épreuve doit être faite de deux manières : d'abord en faisant resserrer le spiral sur lui-même, ensuite en le faisant rouvrir ; & il faut avoir soin que les spires ne se touchent pas entr'elles ni au piton ni à la virole, effets qui rendroient l'épreuve très-fautive. On mettra à part les ressorts qui n'ont pas été trouvés isochrones ; mais avant de les rejetter, il sera à propos d'en faire l'essai avec l'Horloge même ; parce que cette manière de les juger est encore plus sûre que celle de la balance.

67. Ayant trouvé un spiral reconnu propre à l'isochronisme sur la balance élastique, on fera une marque à ce spiral à l'endroit où il étoit arrêté par le piton, & autant au centre près la machoire de la virole : on placera ce ressort sur la virole du balancier, & de la même manière qu'il étoit sur celle d'épreuve, ayant attention qu'il soit parfaitement droit & rond, & que le trait fait au centre du ressort affleure la plaque de la virole, comme il faisoit à celle d'épreuve : on posera le ressort sur l'axe du balancier, & on fera tourner la virole jusqu'à ce que le trait fait au dehors du spiral se présente dans la fente même du pince spiral : on fera marcher l'Horloge en faisant décrire différents arcs au balancier, au moyen de l'équipage décrit Chap. XVIII, & on éprouvera si les arcs inégaux sont isochrones : si cela n'est pas, on allongera ou on raccourcira le spiral jusques à ce que ce point soit trouvé : cela fait, il ne faudra plus toucher au spiral ; & pour régler l'Horloge, on augmentera ou on diminuera convenablement le poids du balancier : car si on touchoit au pince

ſpiral pour régler l'Horloge, le ſpiral ne ſeroit plus iſochrone, (*Traité des Horloges Marines*, N° 1403).

Nous donnerons dans le Chapitre XIX, tous les détails relatifs aux épreuves pour l'iſochroniſme du ſpiral.

CHAPITRE IV.

Principes de conſtruction, de l'échappement libre le plus ſimple, & détails d'exécution.

68. J'AI publié dans le *Traité des Horloges Marines* la deſcription & donné les Plans de pluſieurs conſtructions de l'échappement à vibrations libres de ma compoſition, tel que je l'ai employé dans mes Horloges Marines (*a*). Cet échappement a rempli parfaitement tout ce que j'en attendois & qu'on en exige; cependant il reſtoit encore à déſirer qu'il fût plus ſimple & d'une exécution plus facile. Nous allons préſenter de nouveau l'échappement libre, avec les changemens que j'y ai fait, & tel que je l'ai appliqué à mes petites Horloges & Montres à Longitudes.

69. La figure 6, Planche IV, fait voir en perſpective l'échappement libre. Il eſt ici repréſenté au moment où la roue d'échappement communique ſon action au balancier.

A, repréſente l'axe du balancier ſur lequel eſt fixé par deux vis le cercle *B* d'échappement; *C*, eſt la roue d'échappement; *a b c*, la détente d'échappement, laquelle porte en *b* un talon formé en portion de cercle qui ſert à ſuſpendre l'action de la roue *C*, pendant que le balancier va & revient librement ſur lui-même; la partie *a b* de cette détente eſt formée en

(*a*) Voy. *Traité des Horloges Marines*, ſa deſcription n° 281 : & le Chapitre XII, IIe Partie, n° 967 & ſuiv.; n° 1035, 1084. Et voy. les Planches XIX, fig. 4, 5, 6 & 7; Planche XX fig. 2, 3, 9. Planche VIII fig. 6, 7. Planche XXI fig. 4.

reſſort très-flexible, & ſur-tout à l'extremité *a* qui eſt le centre de mouvement de la détente : j'appelle *détente-reſſort*, (*a*) la piece *a b c*. La partie *b c* forme proprement la détente dont le reſſort *a b* eſt le centre de mouvement. La pate *a* de la *détente-reſſort* eſt attachée par une vis & deux pieds ſur la platine. Le reſſort *d e f* fixé par une vis à deux pieds ſur le cercle d'échappement, porte en *d* une cheville, laquelle agiſſant ſur le bras *c* de la détente, dégage la roue ; c'eſt à ce moment que la dent de la roue agit ſur la tranche *h* du cercle d'échappement, & qu'elle lui communique ſon action : le cercle continue enſuite de tourner de *B* en *A*, enſuite il revient ſur lui-même, & alors la cheville *d* du reſſort *d e*, gliſſe ſur le bout incliné *c* de la détente, & ſe remet en priſe pour élever de nouveau la détente. J'appelle *levée reſſort* (*b*) la piece *d e f*; la partie *d e* forme ſeulement le reſſort qui doit être très-flexible, & dont le centre de mouvement eſt cenſé être fait en *e*; la *levée-reſſort* peut fléchir vers le centre de l'axe *A*, mais elle ne peut pas trop s'engager avec le bras de la détente, ſa courſe de ce côté étant bornée par une cheville fixée au cercle *B*; le talon d'arrêt *b* de la *détente - reſſort a b c*, ne doit pas non plus être engagé trop avant dans la pointe de la dent de la roue, mais ſeulement de la quantité néceſſaire pour l'arrêter ſûrement. La courſe de la détente eſt ici bornée par l'ouverture *g* faite à la platine ſur le fond de laquelle va battre le bout du talon *b*.

70. La figure 7, Planche IV, repréſente le plan de l'échappement que nous venons de décrire : *B*, le cercle d'échappement ; *C*, la roue ; *a b c*, la *détente-reſſort* ; & *e f g*, la *levée-reſſort*.

(*a*) Cette *détente-reſſort* tient lieu de la détente que j'employois ci-devant, & laquelle étoit miſe en cage par un pont, rouloit ſur deux pivots, & étoit preſſée par un reſſort. *Voy. Traité des Horloges Marines*. N° 990.

(*b*) La *levée-reſſort* tient lieu de la palette que j'employois ci-devant, laquelle eſt miſe en cage par un pont, roule ſur deux pivots, & eſt preſſée par un reſſort. *Voy. Traité des Horloges Marines*. N° 990.

REMARQUE.

REMARQUE.

L'échappement à vibrations libres que nous venons de décrire, eſt en même temps le plus ſimple, il eſt d'une exécution facile, & il a l'avantage de pouvoir être aiſément appliqué aux Montres de poche : il eſt préférable à celui à détente & à palette que j'employois ci-devant à mes Horloges, parce qu'il a de moins le frottement de quatre pivots, & celui des points de contact des chevilles de détente & de levée : c'eſt par la conſidération de ces divers avantages que nous entrerons ci-après dans tous les détails de conſtruction & d'exécution de ce nouvel échappement.

71. La figure 8, repréſente le plan de l'échappement à vibrations libres, à détente miſe en cage ; c'eſt le même que j'ai donné *Traité des Horloges Marines*, Planche XIX, fig. 5, décrit n° 977 du même Ouvrage, auquel j'ai fait ici un très-léger changement ; c'eſt qu'au lieu de rendre flexible le bras droit de la détente, de maniere que la cheville portée par le cercle élève ce bras-reſſort par un plan incliné, j'ai placé le reſſort de côté pour en obtenir l'effet du pied-de-biche employé dans mon premier modele : voy. *Traité des Horloges Marines*, n° 281. *A* eſt la roue d'échappement ; *B* le cercle ; *a b c* la détente miſe en cage par un pont, & preſſée par un reſſort ; *f b* repréſente ce reſſort : la partie *a* forme le talon d'arrêt de la roue ; *b* eſt l'axe ou centre de mouvement ; *b c* le bras de la détente ; & *b d* le reſſort ſur le bout duquel la cheville *d* du cercle d'échappement agit lorſqu'elle revient de *k* en *d* ; alors cette cheville élève la détente & dégage la roue, (parce que ce reſſort appuie ſur le talon *c* du bras de la détente) ; mais lorſque le balancier revient de *B* en *c*, cette cheville fait fléchir le reſſort *d b* pour ſe remettre de nouveau en priſe : la cheville *e* attachée à la platine empêche la détente de rétrograder, & le reſſort *b d* céde au mouvement de la cheville *d*. Quoique cette diſpoſition paroiſſe fort ſimple, je préfere la *levée-reſſort* placée ſur le cercle d'échappement ; car ce reſſort étant placé ſur la détente, celle-ci

devient trop pesante, ce qui exige plus de force dans le ressort qui la presse, & oppose par conséquent plus de résistance au mouvement du balancier : le ressort *b d* est attaché par une vis sur le centre de la détente.

Principes de construction de mon échappement à vibrations libres, à détente mise en cage & à levée-ressort.

72. La levée la plus convenable à (*a*) cet échappement est de 60 degrés.

73. La détente doit être la plus petite & la plus légère possible ; je régle sa longueur sur la distance des dents de la roue d'échappement, & place cette détente sur le plan, de sorte que le bras droit & celui qui porte le talon ayent chacun la même longueur.

74. L'axe de la détente doit être placé dans la tangente de la dent qui doit poser sur le talon de cette détente, pour suspendre le mouvement de la roue.

75. La roue d'échappement doit être la plus légère possible, & ses pivots d'un petit diamètre.

76. La longueur du *ressort-levée* doit être réglée par la tige de la détente, à côté de laquelle il doit passer sans y toucher : par cette disposition on donne à ce ressort toute la longueur qu'il peut avoir.

77. Le bras droit de la détente doit être exactement dirigé au centre du balancier, & agir le plus près de ce centre qu'il se pourra, (*Traité des Horloges Marines*, n° 282.)

(*a*) Pour trouver la grandeur que doit avoir le cercle d'échappement pour que la levée soit de 60 degrés, on observera que son diametre doit être double de la distance d'une dent de la roue d'échappement à un autre, puisque la corde de 60 degrés est égale au rayon, ou, ce qui revient au même, le rayon est contenu 6 fois dans la circonférence du cercle ; ainsi pour tracer le plan de l'échappement, on trouvera cette distance des dents par la proportion suivante, pour une roue que nous supposons avoir 9 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, & 24 dents : 1 : 3,1416 :: 9 $\frac{1}{2}$: ou 9,5 : 29,8452, divisant ce dernier terme qui est la mesure de la circonférence, par 24, nombre des dents, on aura, à très-peu-près, 1 $\frac{1}{4}$ lignes pour leur distance ; ainsi le diametre du cercle d'échappement devra être de 2 lignes $\frac{1}{2}$.

78. Le bras droit de la détente doit être accourci en exécutant l'échappement, jusques à ce qu'il n'excède pas le dedans de la cheville de la *levée-ressort*; cela donne la quantité dont la détente doit être élevée pour dégager la dent de la roue d'échappement, & en ce point les effets sont sûrs.

79. Dans mes petites Horloges la cheville de la levée peut avoir $\frac{2\frac{1}{2}}{48}$ de lig. de diamètre.

80. Au moment où la cheville de la *levée-ressort* touche le bras droit de la détente pour dégager la roue, la *levée-ressort* doit faire un angle de 100 degrés, ou à peu près, avec la ligne qui passe par les centres de la détente & du balancier, & ce ressort ne doit être à angle droit avec la détente, qu'au moment où la cheville est arrivée au bout du bras & le quitte. Cette direction de la *levée-ressort* est nécessaire pour empêcher que la résistance que la détente oppose pour la levée, ne fasse en cet instant, écarter le *levée-ressort* vers le centre du balancier, ce qui empêcheroit de faire détendre la roue; mais dans cette position la résistance de la détente sert au contraire à faire appuyer la *levée-ressort* contre la cheville d'arrêt : ainsi toute autre direction rendroit les effets incertains.

81. La cheville de repaire du balancier doit être tellement placée, que l'entaille du cercle d'échappement se trouve dans la ligne des centres du balancier & de la roue, lorsque le balancier est arrêté. Pour cet effet, on doit, pour marquer le repaire, faire un trait au balancier vis-à-vis le *o* de la platine, au moment où la roue a produit la levée & quitte le cercle, & un autre trait lorsque la *levée-ressort*, en rétrogradant, quitte le bout du bras droit de la détente. Prenant le milieu entre ces deux traits, on aura le point du balancier sur lequel on placera une cheville. Lorsqu'elle sera vis-à-vis le *o* de la platine, le plan de la levée du cercle sera dans la ligne des centres; & en ce moment, pour peu que le balancier soit mis en mouvement, l'échappement sera en action pour entretenir le mouvement de vibration.

De la maniere de tracer sur le calibre, l'échappement libre à détente-ressort & à levée-ressort.

Planche IV, *fig.* 7.

82. Soit *A*, fig. 7, la plaque de cuivre sur laquelle on veut tracer le plan de l'échappement : cette plaque doit être faite en cuivre, bien dressée, & adoucie au charbon.

83. Je trace sur le calibre, le cercle *C* qui représente la grandeur de la roue d'échappement, laquelle doit avoir 10 dents ; je divise exactement ce cercle en 10 parties, & les points de division représentent les pointes des dents de la roue ; cela fait, des points *n* & *o* de division, & avec la même ouverture de compas qui donne la distance des dents, je forme les intersections *m*, *l* ; du point d'intersection comme centre, je trace le cercle *B* qui représente le cercle d'échappement & son diametre, tel que la levée d'échappement soit exactement de 60 degrés. (*a*)

Maintenant pour tracer la détente j'observe que la roue tourne de *n* en *o*, & je prends le point de division *p* de la roue pour former son arrêt au moyen du talon de la *détente-ressort* ; de ce point & du centre *m* du cercle d'échappement, je tire la ligne *c b* qui représente le bras de la détente, & je marque le point *g* qui représente la cheville de la levée qui doit élever la détente. Cette cheville doit être placée aussi près du centre du cercle qu'il est possible, ensorte cependant que ce ressort, en glissant sur le plan incliné du bras de la détente, & en se rapprochant du centre, ne puisse toucher à l'axe du balancier : cette distance est ici donnée en conséquence, ainsi elle dépend de la grosseur de l'axe du balancier. Dans ma Montre astronomique de poche, décrite Chapitre XII, le point de contact de la cheville de la *levée-ressort*

(*a*) Cela est évident, puisque, comme nous l'avons dit (n° 72) la corde *a b*, ou l'espace parcouru par la roue, est égal au rayon du cercle d'échappement, or on prouve en Géométrie que cet arc est de 60 d.

ſur le bras droit de la détente, eſt diſtant de $\frac{7}{12}$ de lig. du centre.

84. La direction du reſſort *a b* doit être dans la *tangente* de la dent de la roue d'échappement qui fait arrêt ſur le talon de la détente, c'eſt-à-dire, être d'équerre avec le centre de la roue & la dent *p*; ainſi en plaçant ſur le calibre une équerre dont un côté paſſe par le centre de la roue, & que l'angle réponde au ſommet de la dent, l'autre côté de l'équerre devient tangente ou perpendiculaire au rayon. Donc en tirant une ligne *a b* ſur ce côté, on aura la direction du reſſort. Pour tracer la direction du reſſort-détente avec plus de préciſion, enſorte qu'elle ſoit tangente à la roue, du centre *s* de la roue *C*, fig. 7, tirez la ligne ponctuée *s t* qui paſſe par le point de diviſion *p* de la dent qui doit agir ſur le talon *b*; de cette diviſion qui repréſente l'extrémité de la dent comme centre, décrivez la portion de cercle *t* avec la même ouverture de compas qui forme le rayon *b s* de la roue : & des points *s t* comme centre ; formez les portions de cercle *r*, *v*; du point d'interſection *z*, tirez par le point de diviſion de la dent *p*, la ligne *z b*, qui ſera tangente au rayon *b s* de la roue. Pour régler la longueur du reſſort, je prends la longueur *p g* (*a*) de la détente & la porte en *a*; de ce point *a* comme centre de mouvement de la détente, je décris la portion du cercle *q* qui formera le talon de la détente ; le trait intérieur *b* marque l'épaiſſeur de ce talon ; au-delà du point *y*, je trace la patte *a y* de la *détente-reſſort*.

85. Enfin pour achever de tracer l'échappement il reſte à marquer la direction de la *levée-reſſort* : pour cet effet, je prends un *rapporteur* de corne tranſparent : je place le centre en *g* qui repréſente la cheville du reſſort-levée, le *o* [d] ſur la ligne *g b* du bras de la détente, & vis-à-vis 100 [d], je marque un point *x*; de ce point à la cheville, je tire la ligne en *e g* qui repréſente la direction du reſſort-levée.

(*a*) Pour faciliter l'exécution de la *détente-reſſort*, & en aſſurer mieux les effets, il faut donner plus de longueur à la partie qui forme le reſſort ; ainſi au lieu des dimenſions que je viens de donner, il faut que ce reſſort ait trois fois la diſtance d'une dent de la roue, à partir du talon *b*, juſqu'à la patte *a*.

86. Il reste à régler la longueur de ce ressort ; le talon *q* de la détente est la seule chose qui le borne, parce que s'il étoit trop long il iroit y toucher : il faut donc prendre avec un compas, la distance *m q* du centre du cercle *B* au talon *q*, pour en former la portion de cercle *e* qui limite la longueur de la *levée-ressort* : cette portion de cercle *e* doit être en dedans du talon *q* du ressort-levée, afin qu'il y ait un passage aisé, & que le ressort-levée ne puisse jamais trop en approcher.

87. Je trace la portion de cercle *e* qui termine l'extrémité du ressort : *f l* est la patte, & *h* la place de la vis qui doit l'attacher sur le cercle d'échappement *C* : ce ressort est fixé sur le cercle *C* par une vis & deux pieds.

88. Le pont *D* sert à borner la course de la détente au-dessus de laquelle il passe ; il porte en dessous deux chevilles, l'une placée au bout pour arrêter la détente, & l'autre en dedans, pour empêcher que l'on ne puisse forcer le ressort.

De l'exécution de l'échappement à vibrations libres à détente & à levée-ressort. (a).

89. Pour exécuter sûrement & facilement cet échappement, il est à propos de tracer à part sur une petite plaque de cuivre, la roue, le cercle, la détente & le ressort-levée, par des traits fins & des points, de la même maniere qu'il l'est sur le plan Planche III fig. 1, d'après les régles prescrites ci-devant.

90. L'échappement étant ainsi tracé sur le calibre (*b*) on s'en servira pour exécuter sûrement la *levée-ressort*. Pour cet effet, on percera un petit trou par le point *o* qui représente le centre du cercle ; un autre en *q*, pour la cheville de la *levée-ressort* ; un en *m* pour la vis ; un en *p* de l'extrémité du ressort-

(*a*) Je prends pour exemple celui de l'Horloge N° 36, Planche III. fig. 1.

(*b*) Ce calibre étant fait, servira toutes les fois qu'on aura un pareil échappement à exécuter.

levée, & un en *m* pour l'extrémité de la patte. On placera sous le calibre une plaque d'acier mince & bien dressée que l'on serrera avec une tenaille à vis ; & marquant avec un foret des points à chaque trou on aura la figure exacte de ce ressort. On tracera par ces points la figure de la *levée-ressort*.

91. On percera le trou *o* du centre que l'on fera de la même grosseur que celui du cercle d'échappement ; on percera de même celui de la vis *m* du ressort, & celui de la cheville de la levée qui ne doit être que de *o* lig. $\frac{1}{48}$ au plus ; on placera le cercle d'échappement sur l'arbre lisse qui a servi à le tourner & au dessus la plaque d'acier du ressort-levée ; on percera sur le cercle d'échappement le trou de la vis de ce ressort. On fera la vis & fixant ensemble la plaque & le cercle sur le même arbre, on percera au cercle d'échappement le trou de la cheville levée ; on ôtera la vis & figurera le ressort tel qu'il est tracé sur la plaque d'acier ; on placera une cheville dans le trou du ressort levée ; cette cheville débordera en dessus pour faire effet avec la détente, & en dessous pour entrer dans le trou du cercle. On présentera le cercle (placé sur son axe) avec la détente, & on verra si la direction du ressort est celle prescrite, & on la corrigera au besoin ; on percera deux trous à la patte du ressort pour les pieds ; on trempera ce ressort & on le fera revenir bleu ; on adoucira ce ressort ; ensuite on affoiblira & rendra très-flexible la lame *p q* ; on adoucira cette partie de la lame.

92. Le ressort de la levée ayant la direction requise, & étant trempé & mis de force, c'est-à-dire rendu le plus foible, on ajustera la cheville de la levée, qui doit être en or ; cette cheville ne doit avoir que de $\frac{1}{48}$ lig. de diametre. On laissera déborder cette cheville en dessous pour entrer dans le trou de repaire du cercle d'échappement : en cet état, on percera le trou de la cheville d'arrêt de la *levée-ressort* ; cette cheville doit être placée sur le cercle d'échappement, auprès du petit rond qui porte la cheville, mais sans devoir y toucher, & elle ne doit faire qu'affleurer le dehors du ressort levée, & bien juste, afin qu'elle ne change pas la direction donnée de ce ressort ; on placera cette cheville qui doit être un peu plus grosse que

celle de la levée. Cela étant ainsi fait, on agrandira le trou de repaire fait au cercle d'échappement, pour la cheville de la levée. Ce trou doit être assez grand pour permettre le mouvement rétrograde de cette cheville, lorsque le bout supérieur de cette même cheville, agit sur le plan incliné du bras droit de la détente d'échappement : par cette disposition, le ressort-de la levée ne peut pas être forcé en travaillant à l'échappement, ou en le nétoyant, parce que ce trou qui devient en ce moment *de précaution*, borne la course de la cheville, & par conséquent du ressort levée, & le garantit de tout accident.

93. La *levée-ressort* étant ainsi faite, on travaillera à la détente d'échappement (que je suppose déja ébauchée, & la tige mise en cage, & le ressort de détente placé.) On taillera la roue & finira les dents : on tournera le cercle d'échappement juste de grandeur, pour qu'il passe entre deux dents sans jeu : en cet état, on limera le talon de détente, terminé par une portion de cercle concentrique à son axe, & ce talon sera juste de longueur pour entrer sous sa dent, mais sans jeu.

On limera le bras droit de la détente, de sorte que son plan passe par le centre de l'axe de la détente, & qu'étant dirigé au centre du balancier, le talon soit suffisamment en prise avec la dent de la roue d'échappement. Dans cette position, on percera & posera la cheville d'arrêt de la détente, de sorte que cette cheville étant placée, le bras droit soit exactement dirigé au centre du balancier : on marquera & percera la cheville sur laquelle doit agir le ressort de la détente. Cette cheville doit être placée, de sorte que le ressort étant dirigé au centre de la détente, il agisse sur elle, ou ce qui revient au même, il doit agir par *la ligne des centres.*

94. On fera faire les effets au ressort en le mettant de hauteur, de largeur, & d'épaisseur convenable.

Cela étant ainsi préparé, on limera le côté du talon pour ne laisser que la prise nécessaire pour assurer l'arrêt de la roue; le dedans du talon limé en plan incliné : on diminuera la

la largeur du dehors du talon que l'on tiendra le plus léger possible ; on accourcira le talon pour qu'il ne fasse que déborder un peu l'épaisseur de la dent de la roue.

95. Pour achever la détente, il reste à donner la longueur nécessaire au bras droit pour opérer le dégagement de la roue. Cette longueur doit être telle que le bout du bras ne fasse qu'affleurer le dedans de la cheville de la *levée-ressort*, ou ce qui revient au même, que le talon s'écarte de la roue par la levée de la cheville d'environ l'épaisseur de la roue d'échappement, ou de $\frac{}{48}$ de lig. dans les petites Horloges Marines.

96. Le bout du bras droit en dehors doit être terminé en plan incliné, & convenablement pour que la cheville de la levée, lorsque le balancier rétrograde, glisse sur ce plan pour ensuite se remettre en prise avec la détente, & que lorsque le balancier revient, il s'éleve de nouveau.

97. On trempera la détente, on l'adoucira, & on polira les parties agissantes. On placera à demeure sur la détente la cheville sur laquelle doit agir le ressort de détente. On *chassera* la tige sur la détente, de maniere que celle-ci soit élevée à la hauteur requise pour que le bras droit réponde au milieu de la longueur de la cheville de la *levée-ressort*, & que le talon réponde aussi à l'épaisseur de la roue.

On tournera un peu le cercle d'échappement, afin que les dents de la roue aient un peu de jeu.

98. Tous les effets de la détente étant revus & bien faits, on fera tourner doucement à frottement par la pression d'une carte &c. le balancier, ensorte qu'il ne fasse qu'élever la détente pour dégager la roue, pour qu'une de ses dents appuie sur le cercle. En ce moment, on marquera sur le cercle la place de l'entaille qui doit opérer la levée de la roue sur le cercle d'échappement. Cette entaille doit correspondre à l'endroit où la dent de la roue appuie sur le cercle.

Direction des opérations d'exécution de l'échappement libre à détente & à palette mise en cage.

99. Fendre & finir la roue d'échappement.

100. Ébaucher la détente d'échappement selon qu'elle est tracée sur le plan, & d'après l'élévation de la roue & du cercle.

101. Poser le ressort de la détente d'échappement; mettre le pied; percer & poser la cheville d'arrêt de la détente d'après le plan de l'Horloge où son trou est percé.

102. Faire le passage à la platine pour le talon de la détente d'échappement & d'après le plan.

103. Nettoyer les trous & les pivots des rouleaux: remonter les rouleaux & mettre le balancier en cage.

104. Démonter toutes les pieces portées par le cercle d'échappement; mettre la roue d'échappement à sa place.

105. Présenter le cercle d'échappement sur l'axe de balancier, afin de voir combien ce cercle doit être diminué pour entrer entre les dents de la roue.

106. Tourner le cercle d'échappement de juste grandeur pour entrer sans jeu entre deux dents de la roue.

107. Le cercle ainsi placé, & fixant la roue, prendre avec le compas à verge, la longueur du bras du talon de détente d'échappement, porter cette mesure sur le talon; tracer la portion de cercle & limer en conséquence le talon qu'il faut tenir plutôt trop long, afin d'en limer petit-à-petit jusqu'à ce qu'il entre juste sous la dent pendant que la roue est retenue par le cercle. Il convient de laisser ce talon plus large qu'il n'est besoin pour former l'arrêt de la roue, afin d'avoir à en limer lorsqu'on aura posé la cheville d'arrêt de la détente.

108. Il faut tourner encore le cercle d'échappement, afin de donner le jeu convenable aux dents de la roue.

109. Remonter la palette & son ressort sur le cercle

d'échappement, & placer le cercle ſur l'axe de balancier; l'attacher par ſes vis.

110. Limer le devant du bras droit de détente, de ſorte qu'étant dirigé au centre de l'axe de balancier, le talon de détente reſte en priſe ſous la dent de la roue d'échappement, d'une plus grande quantité qu'il n'eſt beſoin pour en former l'arrêt.

111. Percer & placer en conſéquence le trou de la cheville d'arrêt de la détente, pour que le bras droit conſerve ſa direction au centre de l'axe de balancier.

112. Percer & placer la cheville du reſſort de détente, de ſorte que cette cheville placée, le reſſort ſoit dirigé au centre de la détente.

113. Limer le talon de détente, & ne laiſſer que la priſe convenable pour l'arrêt de la roue d'échappement.

114. Limer le bout du bras droit de détente, de ſorte que la cheville de la palette d'échappement opere la levée convenable pour dégager la roue.

115. Achever de limer & adoucir la détente; la tremper; l'adoucir; polir le talon & le bras droit; placer la cheville pour le reſſort; chaſſer la détente ſur ſa tige; & la faire entrer à la hauteur convenable.

116. Mettre la détente & ſon reſſort en place; en cet état, marquer ſur le cercle la place de l'entaille qui doit opérer la levée de la roue ſur le cercle. Pour cet effet, on fait agir la palette ſur la détente pour degager la roue; en cet inſtant marquer l'endroit où la roue appuie ſur le cercle.

117. Limer l'entaille, laquelle doit former une courbe; la préſenter de nouveau, & la relimer petit-à-petit, juſqu'à ce que la dent en quittant la détente tombe juſte ſur l'extrémité de cette entaille pour opérer la levée.

118. Tremper le cercle, & polir le plan; adoucir les faces, &c.

119. Marquer la cheville de renverſement : Pour cet effet, faire tourner le balancier juſqu'à ce que la roue ait opéré la levée: marquer un trait vis-à-vis du o de la platine;

faire rétrograder le balancier jusqu'à ce que la cheville de la palette soit remise en prise avec le bras droit de la détente; marquer un autre trait vis-à-vis le o; prendre le milieu de ces deux traits faits au balancier : c'est la place de la cheville de renversement.

Remarque & observations sur l'échappement à vibrations libres appliqué aux Montres à Longitudes à vibrations promptes, & aux Montres de poche.

120. L'échappement à vibrations libres que nous avons décrit ci-devant, remplit parfaitement ses effets, & on peut l'exécuter facilement lorsque le balancier fait des vibrations lentes, comme 2 ou 4 par secondes. Mais il devient plus difficile dans les montres qui font 6 vibrations par seconde. C'est par cette raison que je dois ajouter à ce Chapitre quelques observations pour servir de guide aux Artistes qui voudront en faire l'application aux montres à vibrations promptes.

121. 1°. La cheville de la *levée-ressort* portée par le cercle d'échappement ne doit élever la détente, ou la *détente levée*, que de la quantité nécessaire pour que la dent de la roue d'échappement échappe sûrement de dessus le talon qui suspend le mouvement de la roue (*a*); & aussitôt que la roue est échappée, il faut que la détente quitte la cheville, & qu'elle retombe promptement, afin que son talon ait repris sa place pour suspendre de nouveau l'action de la roue : cela doit s'exécuter avant que la dent qui agit sur le cercle d'échappement soit parvenue à l'extrémité de ce cercle, & qu'elle le quitte. Car si la détente ne retombe pas assez

(*a*) Et pour que les effets de l'échappement se fassent en un tems très-court, le talon de la détente ne doit engrener dans la roue que de la quantité requise pour suspendre sûrement l'action de la roue, pendant que le balancier oscille librement; dans mes Montres à longitudes, cet engrenement du talon est d'environ $\frac{1}{12}$ de ligne.

vîte pour recevoir la dent de la roue, celle qui eſt ſituée vers *n*, Planche IV, fig. 7, retomberoit ſur la circonférence du cercle, & cauſeroit un frottement très-nuiſible, & la dent courroit le riſque d'être courbée à la rencontre de l'entaille du cercle d'échappement : cet effet très-nuiſible peut ſurtout avoir lieu lorſque le balancier décrit de très-grands arcs de 3[illegible]o degrés, par exemple, ſa vîteſſe en eſt encore plus grande, & par conſéquent il eſt néceſſaire que la détente retombe plus promptement.

122. 2°. Pour prévenir le défaut eſſentiel dont nous venons de parler, il faut que la détente d'échappement ſoit très-courte & fort légere, afin qu'elle retombe promptement ſans exiger trop de force dans le reſſort qui la ramene : c'eſt pour cette raiſon que les détentes des Horloges N°s XXXVI & XXVII ne peſent avec leur tige que un grain, ou la ſoixante-douzieme partie d'un gros : car ſi cette détente eſt trop peſante, il faut pour la faire retomber avec la vîteſſe requiſe, que le reſſort qui la preſſe ſoit plus fort, ce qui cauſe plus de réſiſtance au mouvement de balancier, & des frottements nuiſibles aux points de contact des détentes.

123. 3°. Dans une Montre qui fait ſix vibrations par ſeconde, le reſſort de la détente eſt néceſſairement plus fort, afin de faire retomber aſſez promptement & sûrement la détente. Le ſeul obſtacle de cette force du reſſort eſt celui d'augmenter le frottement des points de contact de la détente; car par rapport au plus de réſiſtance qu'elle oppoſe au mouvement du balancier, il n'en peut réſulter aucune erreur; cette réſiſtance étant toujours la même; mais pour empêcher ou au moins diminuer les frottements des points de contact par la levée; il faut que le bout du bras de la détente ſoit trempé de toute ſa force : & au-lieu d'employer une cheville de cuivre ou d'or pour la *levée-reſſort*, il faut que le bout du *reſſort-levée* porte un talon d'acier pour tenir lieu de la cheville, & que ce talon figuré convenablement ſoit trempé de toute ſa force. C'eſt de cette

maniere que j'ai fait exécuter l'échappement de la Montre astronomique portative décrite Chap. XII.

124. 4°, La *levée-ressort* d'échappement n'a pas comme le ressort de la détente une force limitée & donnée : elle peut être rendu la plus foible possible, sans qu'il en puisse résulter aucun défaut, il suffit que par aucunes secousses elle ne puisse s'écarter de la cheville d'arrêt qui en fixe le chemin.

125. Pour bien entendre cet échappement, il est nécessaire d'étudier avec beaucoup d'attention sa construction & la nature de ses effets; & pour le juger il faut l'exécuter; c'est peut-être même le seul moyen d'entendre parfaitement les détails dans lesquels nous sommes entrés dans ce Chapitre, & je pense que l'échappement à vibrations libres est très important pour la justesse constante, non-seulement des Horloges à Longitudes, mais particulierement des Montres de poche : c'est sur-tout en faveur des Artistes amateurs des bonnes Montres, que j'ai donné plus d'étendue à cet article, & que je l'ai traité avec plus de détails.

126. L'échappement à vibrations libres à *détente-ressort* décrit (N° 69), peut être facilement appliqué à une Montre de poche : car, dans une telle machine, dont les pivots de balancier roulent dans des trous, le balancier est nécessairement léger, & d'un petit diametre; & dès lors il est plus convenable de lui faire battre quatre vibrations par seconde : avec ces vibrations, les effets de l'échappement s'exécuteront facilement & très-sûrement. Et comme le ressort détente peut être très-foible, il n'est pas nécessaire de pratiquer un talon d'acier à la *levée-ressort* : une simple cheville de cuivre devient suffisante, sans craindre qu'elle puisse s'user : le balancier faisant 4 vibrations par secondes, & employant l'échappement à vibrations libres, l'aiguille battra les demi-secondes, ce qui est plus commode pour la plus part des personnes qui veulent des Montres à secondes.

127. Le ressort de la détente doit être fait en fouet le plus fort en *b* Planche IV, fig. 7, & allant en diminuant vers *a* qui est censé être, & qui est en effet le centre de mouve-

ment de la détente *a b c*; de même le *reſſort-levée* doit être fait en fouet de *g* en *e*, le plus fort en *g*, & le plus foible vers *e*, centre de mouvement de la *levée-reſſort g e f.*

128. Enfin, pour mieux aſſurer les effets de l'échappement à vibrations libres à détentes, & indépendamment de la force du reſſort qui la fait retomber, on peut ajouter une piece ou bras de précaution à la détente; ce bras, au moment où la détente dégage la roue d'échappement, entrera dans une entaille du cercle d'échappement; & dès l'inſtant que la détente retombera, le plan incliné du cercle écartera le bras & ramenera le talon de la détente, pour recevoir la dent avant que celle-ci ait quitté l'entaille de levée du cercle.

129. La fig. 8, Planche IV, repréſente la diſpoſition à donner à l'échappement à détente, pour aſſurer les effets de l'arrêt de la roue d'échappement: *b g* eſt le bras de précaution fixé en *b*, par la même vis du reſſort *b d*, & par l'axe. Le bout angulaire *g* doit ſe préſenter à l'entaille *h*, au moment où la cheville *d* élève la détente, & lorſque la détente retombe, le plan incliné *h* du cercle *B*, écarte le bras *g* pour faire rentrer le talon *a*, avant que la dent *i* ait quitté l'entaille d'impulſion *l* du cercle, enſorte que, par cette piece de précaution *b g*, la dent *m* de la roue doit néceſſairement retomber ſur le talon *a* de la détente, quand même le reſſort *f* n'auroit pas fait retomber la détente avec aſſez de vîteſſe: au reſte, en employant dans l'exécution de l'échappement à vibrations libres à détentes, les ſoins & attentions que j'ai indiqués ci-devant, l'addition de cette piece de précaution devient inutile, car je n'en ai pas fait uſage dans huit Horloges à Longitude, où cet échappement eſt employé avec des vibrations très-promptes, 6 par ſeconde, & cependant les effets ſont très-aſſurés.

CHAPITRE V.

Du Ressort moteur des Horloges à Longitude. Des moyens de rendre sa force constante ; de calculer la force du ressort ; de trouver le diametre de la fusée, &c.

130. L'EFFET le plus nuisible dans un ressort, est le frottement des lames ; l'inégalité de force de la lame, ou bien la mauvaise qualité de l'acier & de la trempe le rendent aussi défectueux : mais par rapport au frottement le moyen de le prévenir autant qu'il est possible, c'est de tenir la lame plus épaisse du milieu, & il faut pour cela que le ressort ne soit pas trop large, & que la lame ait une certaine épaisseur.

131. Une observation qu'il est important de faire pour les ressorts d'Horloges à Longitude, dans lesquelles leur perfection est d'une si grande importance pour la justesse du mouvement, c'est qu'il faut adopter une moindre quantité de force motrice ; car un grand ressort ne peut être exécuté que par les faiseurs de ressort en Pendule ; cette sorte d'ouvriers est incapable de les exécuter avec la perfection requise ; & l'acier qu'ils emploient n'est pas assez fin, parce que les ressorts seroient trop sujets à casser : il vaut donc mieux avoir une moindre quantité de force, & faire exécuter les ressorts par les ouvriers qui les font en Montres. Tels sont les ressorts employés à ma premiere Montre Marine ; mais dans le cas où il seroit nécessaire d'avoir une force motrice plus grande, il seroit plus convenable d'employer deux petits ressorts dans le même barillet, comme je l'ai pratiqué dans ma Montre Astronomique Marine, (N° 1). Voy. ci-après Chapitre IX.

Qualités

Qualités requiſes dans un reſſort.

132. 1°. D'avoir le moins de frottement poſſible.

133. 2°. De n'être point ſujet à caſſer.

134. 3°. De conſerver conſtamment la même force.

135. Quant à la premiere condition j'obſerve que la lame du reſſort doit être étroite, car plus elle ſera large, plus l'épaiſſiſſement des huiles aura de priſe, & par conſéquent plus les ſpires s'attacheront l'une ſur l'autre.

136. Pour le ſecond article, il faut, comme je le pratique, que le reſſort ne ſoit jamais dans un état forcé; pour cet effet, il faut qu'il reſte au moins trois tours de reſte lorſque la fuſée eſt remontée tout au haut.

137. Enfin, pour remplir la troiſieme condition, cela dépend particulierement de l'acier que l'on emploie pour la fabrication du reſſort, & de la maniere dont il eſt trempé; mais on parvient encore à empêcher qu'un reſſort ne ſe *rende*, quoiqu'il n'ait pas ces deux qualités au point qu'on le deſire; c'eſt lorſque le reſſort ne ſe trouve pas dans un état forcé.

Des épreuves ſervant à trouver la quantité de force motrice pour les arcs donnés que doit décrire le balancier.

138. La force motrice d'une Horloge à Longitude dépend de l'étendue des arcs que le balancier doit décrire pour que ces arcs étant un peu plus grands, ou un peu plus petits, ils ſoient cependant d'égale durée. Or cette force devient par là limitée par l'étendue des arcs propres à l'iſochroniſme. Pour déterminer la force motrice qui eſt requiſe dans une Horloge à Longitude à reſſort, je fais d'abord marcher l'Horloge avec différents poids, & ne fais aucun uſage pour cela, ni du reſſort, ni de la fuſée qui ne ſont pas même placés dans le mouvement, lors de ces épreuves. Pour donc

suppléer au ressort, j'ajuste sur le quarré de la fusée un cylindre portant un canon dont le trou quarré entre sur le quarré de fusée; sur le cylindre est enveloppé une corde à boyau qui passe sur une poulie de renvoi attachée au dehors du tambour de l'Horloge : cette corde sert à y attacher différents poids, selon qu'il en est besoin pour les divers arcs à faire décrire, pour parvenir à trouver le point isochrone du spiral; le point trouvé, je calcule combien le balancier doit peser pour que l'Horloge soit réglée, je diminue ou augmente en conséquence le poids du balancier, & je régle l'Horloge sans toucher au spiral; mais seulement par le poids du balancier & de ses masses : je fais de nouveau marcher l'Horloge en ajoutant ou ôtant du poids moteur la quantité requise pour faire décrire au balancier les arcs par lesquels il a été reconnu que ses vibrations inégales sont isochrones. J'ai donc alors la mesure de la force motrice, & je trouve par là quelle doit être la force du ressort pour être égale au poids d'épreuve.

139. Pour n'être pas obligé d'employer un trop grand poids pour ces épreuves, j'ai fait le cylindre de 24 lignes de diametre y compris le demi-diamètre de la corde. Or comme le levier à égaliser les fusées est gradué pour une force distante de 48 lig. du centre, la pesanteur du poids moteur trouvée par les épreuves de l'Horloge sera par conséquent 4 fois plus grande qu'elle ne doit être avec le levier, puisque le rayon du levier est quatre fois plus grand que celui du cylindre. Si donc le poids donné par les épreuves est de 36 onces avec le cylindre de 12 lig. de rayon, il ne sera que de 9 onces avec le levier de 48 lig. de rayon.

140. La force du ressort étant donnée, je fais exécuter le ressort en conséquence, & fais augmenter ou diminuer sa force, ou changer le diamètre de la fusée, jusqu'à ce qu'il *tire* avec le levier le nombre donné. De cette maniere, je ne suis point obligé de démonter le mouvement à plusieurs fois : car pour amener le ressort de la fusée aux mesures données, on n'a besoin que de la cage du rouage; du barillet; de la fusée

& du lévier : au lieu qu'autrement on feroit obligé de démonter le mouvement à chaque fois qu'on auroit changé le reffort, opération longue & pénible.

141. J'emploie encore l'équipage du cylindre & de la poulie de renvoi, pour répéter les épreuves de l'ifochronifme, lorfque le grand reffort eft fait ; & que l'Horloge eft polie & remontée à demeure. Mais alors, je fais agir la corde du cylindre dans un fens oppofé à celui où tourne la fufée, afin de diminuer l'effort du reffort moteur, & de faire décrire de plus petits arcs que ceux qu'il produit naturellement. L'*équipage* dont nous venons de parler, eft repréfenté Planche VII, fig. 2 & 3, & décrit Chapitre XVIII.

De l'épreuve des refforts pour favoir fi, fans fe fervir de la fufée, ils ont la force convenable.

142. Un reffort moteur étant exécuté, on peut connoître s'il eft de force convenable fans employer la fufée, ni mettre le barillet en cage. Car en attachant l'arbre de barillet à l'étau, & attachant une corde à boyau à fa circonférence, & fufpendant des poids à la corde, jufqu'à ce que le reffort ayant un tour de bande, les poids foient en équilibre avec lui, on trouvera par le calcul quel devra être le diamètre de la fufée, pour que le levier à égalifer, foit d'équilibre avec le même reffort. Pour cet effet, on obfervera que, pour l'équilibre, les poids ou forces font en raifon inverfe des rayons ou leviers. Or le nombre de degrés du levier étant donné pour la force motrice de l'Horloge, on trouvera quel doit être le diametre de la fufée, pour que le levier foit en équilibre avec la force du reffort à un tour de bande?

PREMIER EXEMPLE.

143. Si donc un reffort ayant un tour de bande, fait équilibre à 46 onces, & que par les épreuves avec le poids

d'essai, le ressort doive tirer 5 onces $\frac{1}{2}$ du levier de 48 lig. de rayon, on aura la proportion suivante.

46 onces : 5 onces $\frac{1}{2}$: : 48 : $x =$ 5 lig. $\frac{34}{46}$ qui sera le rayon de la fusée.

Second Exemple.

144. Le diametre de la fusée étant donné, ainsi que la force motrice qui doit être en équilibre avec le levier à fusée, trouver quelle doit être la force du ressort moteur à la circonférence du barillet.

145. Si le ressort doit tirer 5 onces $\frac{1}{2}$ avec le levier à fusée de 48 lig. de rayon, & que le diametre de la fusée soit de 11 lig. $\frac{1}{2}$ = 5 lig. $\frac{3}{4}$ rayon. Pour trouver la force du ressort à la circonférence du barillet, on aura la proportion

5 $\frac{3}{4}$ lig. rayon : 48 lig. rayon : : 5 $\frac{1}{2}$ onces : $x =$ 45 $\frac{21}{23}$ onces.

La force exercée à la circonférence du barillet, ou, ce qui revient au même, à la base de la fusée, doit être de 45 onces $\frac{21}{23}$: c'est la quantité que tire en effet le ressort de l'Horloge N° 31, pour laquelle ce calcul est fait.

146. On doit employer cette méthode, qui est sûre & simple, & sans être obligé de remonter le barillet & la fusée, & de tâtonner, comme on fait, la force du ressort, le diametre de la fusée : & on peut faire exécuter par les faiseurs de ressorts, des ressorts qui feront à coup sûr de force, en leur indiquant le poids qui étant attaché à une corde placée à la circonférence du barillet fasse équilibre avec le ressort, lorsque celui-ci a un tour ou un demi-tour de bande.

147. Pour trouver la force du ressort à la circonférence du barillet de l'Horloge N° 26, dont le levier à fusée doit tirer 8 onces, la fusée ayant 15 lig. de diametre, à la base : on fera la proportion.

7 $\frac{1}{2}$ lig. rayon : 48 lig. rayon : : 8 onces : $x =$ 51 $\frac{3}{15}$ onces.

D'où il suit que le ressort de N° XXVI, doit tirer 51 onces $\frac{3}{15}$, à la circonférence du barillet.

TROISIEME EXEMPLE.

148. La force d'un reſſort moteur étant donnée à la circonférence du barillet, & le diametre de la fuſée étant auſſi donné, trouver combien ce reſſort tirera ſur le levier de 48 lig. de rayon, afin de régler d'après ces données les dimenſions du régulateur. Soit un reſſort qui, à demi tour de bande, faſſe équilibre avec 32 onces à la ciconférence du barillet, & dont la fuſée doive avoir 11 lig. de diametre = 5 lig. $\frac{1}{2}$ de rayon, on aura la proportion

48 lig. rayon : 5 $\frac{1}{2}$ lig. rayon : : 32 onces : $x = 3\frac{32}{48}$ onces.

$$\begin{array}{r|l} 32 & \\ 5\frac{1}{2} & \\ \hline 160 & \\ 16 & \\ \hline 176 & 48 \\ \hline 32 & 3\frac{32}{48} \end{array}$$

Ainſi le levier à fuſée étant d'équilibre avec le reſſort moteur à $\frac{1}{2}$ tour de bande, marquera 3 degrés $\frac{2}{3}$, c'eſt-à-dire, que le reſſort *tirera* 3 onces $\frac{2}{3}$.

De la maniere de déterminer à coup sûr le diamètre & la figure de la fuſée.

149. Pour trouver promptement & ſurement la figure d'une fuſée & ſon diametre, il faut employer une *fuſée d'eſſai.*

Méthode de calcul.

Si la fuſée d'eſſai a 10 lignes de diametre, & tire 8 onces, par exemple : pour qu'elle tire 6 onces, on fera la proportion, 8 : 6 : : 10 lig. : $x = \frac{60}{8} = 7$ lig. $\frac{1}{2}$ que la fuſée devra avoir de diametre.

Si le reſſort doit tirer 9 onces, & que la fuſée d'eſſai en donne 8, on fera la proportion.

$8 : 9 :: 10 : x = \frac{90}{8} = 11$ lig. $\frac{1}{4}$.

On trouvera de même les diametres du ſommet & de la baſe: & ſi la baſe de la fuſée a 12 lignes de diametre, & que le reſſort tire 7 onces $\frac{1}{2}$, & qu'il doive en tirer 8, on aura $7\frac{1}{2} : 8 :: 12 : x = 12$ lig. $\frac{8}{10}$:

Moyen d'affoiblir un grand reſſort trop fort, ſans en faire un autre, ni toucher à la fuſée.

150. Lorſque l'on a déterminé la quantité de force motrice, requiſe pour l'étendue des arcs de vibration qui ſont propres à l'iſochoniſme, il faut que cette force motrice ſoit exactement de la quantité donnée. J'ai déja dit que l'on peut arriver à ce point de préciſion par la fuſée; mais j'ai fait uſage d'un moyen plus ſimple, lorſque le reſſort étoit trop fort: c'eſt le même que j'ai imaginé pour plier les reſſorts ſpiraux. *Traité des Horloges Marines*, N° 173 : c'eſt de bander le reſſort ſur l'outil à remonter les reſſorts, & de le faire chauffer en cet état forcé, afin que les ſpires ſe reſſerrent en forme de ſpiral : ce moyen m'a très-bien réuſſi. Voilà donc un troiſieme moyen de donner au reſſort moteur la force requiſe, quand il eſt trop fort, & ce moyen eſt préférable à celui de le faire affoiblir par le faiſeur de reſſorts; il perd néceſſairement de ſa qualité.



CHAPITRE VI.

Horloge à Longitude, N° XXIV (a) *à ressort, construite à dessein de suppléer les grandes Horloges à poids.*

151. LES Horloges Marines à poids N°s 8, 18 & 19, que j'ai exécutées pour le compte du Roi, sont de très-bonnes machines; elles ont un régulateur puissant; les frottements & les résistances des huiles sont réduites à la plus petite quantité : les ressorts spiraux réglants de ces machines, sont isochrones : Ces ressorts sont trempés pliés & d'une trempe parfaite, ensorte que leur force & leur élasticité est constante ainsi que leur figure. Mais avec tous les avantages que j'ai réunis dans la construction & dans l'exécution de ces machines, comme elles sont à poids, leur volume est si grand que, dans les circonstances actuelles de la guerre (en Mars 1780) toutes parfaites qu'elles sont, il n'est pas possible d'en faire usage, soit par la difficulté du transport par terre, soit parce que de si grandes machines peuvent être plus sensibles à l'effet de l'artillerie : ce sont ces considérations qui m'ont engagé à construire des Horloges à ressort assez exactes pour suppléer les grandes Horloges à poids, & servir comme celles-ci à la rectification des Cartes, en faisant usage de la *Table composée des arcs & de la température*. Tel est l'objet que j'ai eu en vue dans la composition de l'Horloge N° XXIV dont nous allons traiter.

(a) Cette Horloge fut commencée en 1780, & terminée en 1782. Elle est actuellement aux Indes; elle a été embarquée en 1784, avec l'Horloge N° XXIII, sur le Vaisseau commandé par M. le Comte de Rosily.

Des moyens de construction que j'ai employés dans l'Horloge N° XXIV, pour rendre cette machine plus parfaite.

152. 1°. En réduisant l'Horloge au plus petit volume, en conservant cependant un régulateur puissant.

153. 2°. En disposant le rouage de sorte que les roues & les pignons soient placés, autant qu'il est possible, à égale distance des pivots : moyen également utile pour égaliser les frottements & les réduire à la plus petite quantité, puisque par là les pivots peuvent être plus petits.

154. 3°. En donnant au pignon de minutes un plus grand diametre, afin que les ailes ou dents soient assez solides pour ne pouvoir être cassées dans le cas où on remonteroit l'Horloge en *tournant à rebours*; par ce moyen on est dispensé d'employer la *clef à remontoir*, *employée dans* l'Horloge N° 8, *Traité des Horloges Marines*, page 574.

155. 4°. En plaçant sous tous les pivots inférieurs tant du rouage que du régulateur, des coquerets d'acier sur lesquels portent les bouts des pivots, afin d'éviter le frottement nuisible des portées qui souvent creusent les platines.

156. 5°. En recouvrant tous les trous supérieurs des pivots du rouage portés par la platine cadran, afin de garantir ces pivots de la poussiére.

157. 6°. En disposant de la maniere la plus sûre, l'échappement à vibrations libres, & en simplifiant cet échappement autant qu'il est possible. Pour cet effet, j'ai substitué un simple ressort à la palette, & en place de la détente, j'ai employé un simple ressort qui remplit l'effet de la détente : ensorte que j'ai supprimé deux ponts, deux tiges, & quatre pivots : cet échappement a déja été décrit, Chap. IV. n° 69.

158. 7°. En rendant les effets de la compensation plus certains : pour cet effet, j'ai appliqué des rubis aux points de contact des leviers, parce que j'ai reconnu, par l'usage des Horloges

Horloges que les parties d'acier fur lefquelles les bouts des vis agiffoient s'étoient creufées.

159. 8°. En difpofant une détente qui fufpend toute l'action des leviers de compenfation pendant le tranfport de l'Horloge ; car les points de contact fouffroient dans le tranfport des Horloges par terre : cette détente foutient également le balancier, empêche que le reffort de fufpenfion ne foit fatigué, & que le balancier ne puiffe tourner.

160. 9°. J'ai appliqué à ces machines le compenfateur ifochrone (*a*) pour ramener les arcs à l'ifochronifme, dans le cas où le fpiral n'auroit pas rigoureufement cette propriété.

161. 10°. Toute cette machine eft tellement difpofée que l'on peut faire par fon moyen ufage de la table des arcs avec autant de fûreté qu'avec une Horloge à poids, foit par la perfection du rouage, engrenage, &c, que par la nature de fon reffort moteur égalifé par la fufée.

162. 11°. Pour rendre la compenfation plus fûre j'ai réduits les frottements, en faifant rouler les bouts des pivots inférieurs du levier & du pince-fpiral fur des coquerets d'acier.

163. 12°. J'ai difpofé tout ce qui concerne le régulateur dans une cage particuliere qui porte en même-tems la roue d'échappement, & l'échappement : le rouage, le moteur, & la fufée font placés dans une cage féparée. Cette conftruction eft plus avantageufe, parce que l'on peut travailler féparément à ces deux parties de l'Horloge.

164. 13°. La cage du régulateur eft formée par quatre piliers d'acier, & le pont de fufpenfion du balancier eft également d'acier, afin que les dilatations du reffort de fufpenfion & de l'axe de balancier étant les mêmes que celle de la cage, le fpiral refte toujours dans fon état de liberté. Un des piliers d'acier de la cage du régulateur fe démonte pour placer le balancier dans la cage, laquelle refte parfaitement folide, quoiqu'elle foit fendue jufques à fon centre pour le paffage de l'axe du balancier.

(*a*) Décrit ci-devant, Chapitre I.

Description de l'Horloge à Longitude, N° XXIV.

165. Cette Horloge eſt horiſontale : la force motrice eſt un reſſort égaliſé par une fuſée : le balancier eſt ſuſpendu par un reſſort, il eſt placé au centre des cages ; il fait deux vibrations par ſeconde, & l'aiguille bat les ſecondes ; l'échappement eſt à vibrations libres ; la compenſation du chaud à du froid eſt produite par un chaſſis.

Planche 1ere, fig. 1.

166. La figure 1 fait voir en profil le mouvement de l'Horloge ; le chaſſis & le méchaniſme de compenſation n'y ſont pas repréſentés, cette partie ayant ſuffiſamment été détaillée dans le *Traité des Horloges Marines*. Ce profil indique ſeulement la diſpoſition des cages & les élévations du rouage & du régulateur.

167. Ce mouvement eſt compoſé de quatre platines formant trois principales cages : la premiere, qui eſt la ſupérieure, eſt la cage du rouage : la ſeconde contient l'échappement ; la troiſieme contient le balancier & les rouleaux ; le deſſous de celle-ci porte le méchaniſme de compenſation. Outre ces trois cages, il y en a deux autres plus petites qui ſont compriſes dans la cage du régulateur : ce ſont les cages des rouleaux.

168. La premiere platine *A, A*, eſt la platine cadran ; elle porte quatre piliers de cuivre qui, aſſemblés avec la ſeconde platine *B B*, forment la cage du rouage ; *C* eſt la roue de fuſée qui engrene dans le pignon *a* de minute : la roue *C* porte à ſon centre un pignon *b, b*, qui mene la roue des heures *D*, dont le pivot prolongé *c* porte l'aiguille des heures. Entre le rochet auxiliaire *E*, porté par l'axe de la fuſée, & la roue *C* de fuſée, eſt placé le reſſort qui fait marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte. Nous n'avons pas développé ici ce méchaniſme qui a été ſuffiſamment détaillé,

Traité des Horloges Marines. (Voy. Planche XV, fig. 5, 6, 7, 8, & la defcription, n° 811); le pignon *a* porte le pivot prolongé fur lequel eft ajufté l'aiguille de minutes. La roue de minutes *F* engrène dans le pignon *e* de la roue moyenne *G*; celle-ci engrène dans le pignon *f*, dont le pivot prolongé *g* porte l'aiguille de fecondes : la roue de fecondes *H* engrène dans le pignon *h*, fur le bout de la tige duquel eft fixée la roue d'échappement *I*; celle-ci communique fon mouvement au cercle d'échappement *K*, fixé fur le bout de l'axe du balancier *L L*; le bout inférieur de cet axe porte le fpiral.

169. Sur la quatrieme platine *N*, *N*, font rivés trois piliers d'acier 1, 2, 3. Ces piliers portent par en haut chacun une double baze 2, 2, qui fert à recevoir la platine *O O* : & les portées 3, 3 appuient contre la platine *B*, *B*, pour lier par le moyen des pivots 4, 4, la cage du rouage avec celle du régulateur, de façon à pouvoir féparer ces cages l'une de l'autre fans rien démonter de ce que chacune d'elles contient.

170. Le pivot fupérieur *i* de la roue d'échappement *I*, roule dans le trou d'un pont qui eft attaché fur la platine *O*, *O* : ce pont n'eft pas ici repréfenté, non plus que celui du reffort de fufpenfion du balancier. Leur place eft tracée fur le plan, fig. 2 : le deffous de la platine *B B* porte le pont *P* de la fufée.

171. La platine *Q*, *Q* porte trois piliers de cuivre qui s'affemblent avec la platine *N*, *N*, pour former la cage des trois rouleaux inférieurs 5, 6, 7, entre lefquels le pivot de l'axe de balancier roule; la platine *R*, *R*, porte de même trois piliers de cuivre qui s'affemblent avec la platine *O*, *O*, pour former la cage des trois rouleaux fupérieurs 8, 9, 10; le pivot fupérieur de l'axe de balancier tourne entre ces trois rouleaux; les ponts *l*, *m*, *n* reçoivent les pivots des rouleaux, afin d'égalifer les frottements en plaçant le rouleau à égale diftance de fes pivots; *S* eft le quarré de fufée.

172. Les figures 2 & 3 repréfentent le plan de l'Horloge tel qu'il doit être tracé fur une plaque de cuivre qui foit de la grandeur de la platine-cadran. Toutes les pieces quel-

conques de l'Horloge doivent être tracées sur les deux côtés de cette plaque.

173. *A, A*, figure 2, représente le dehors de la platine-cadran : *C* la roue de fusée ; *D* la roue des heures ; *b* le pignon qui la conduit, lequel pignon est rivé sur la roue *C* de fusée : *L* est le rochet d'encliquetage de la fusée : M le crochet de fusée : *N* le plot du garde-chaîne *d*, dont *g i* est le ressort : *P* est le cliquet du rochet auxiliaire de la fusée ; *a* le pignon de minutes, & *F* la roue ; *e* le pignon de roue moyenne, & *G* sa roue ; *H* la roue de secondes, *f* son pignon ; *I* la roue d'échappement, *h* son pignon, & *K* le cercle d'échappement : *O, O* est le barillet : *Q* est le cadran des heures, *R* celui des minutes, & *S* celui des secondes.

Effet de l'Echappement, & sa description.

174. *l m n* représente la *détente-ressort* d'échappement, laquelle porte en *n* un talon ou portion de cercle qui suspend l'action de la roue d'échappement *I*, pendant que le balancier va & revient librement sur lui-même : la *levée-ressort p x q*, fixée avec une vis sur le cercle d'échappement *K*, porte en *p* une cheville, qui agissant sur le bout *m* de la *détente-ressort*, dégage la roue pour qu'elle communique son action au balancier : pour cet effet, l'entaille *f* du cercle d'échappement se présente à une dent de la roue, & celle-ci lui donne son impulsion : le cercle d'échappement continue de tourner de *m* en *K*, ensuite il revient sur lui-même, & la cheville de la *levée-ressort p x* glisse sur le bout incliné du bras droit *m n* de la *détente-ressort*, parce que ce ressort *p* peut fléchir vers le centre *t* de l'axe du balancier ou du cercle *K*, mais il ne peut pas trop s'engager avec le bras de la détente *n m*, sa course étant bornée par la cheville *u* que porte le cercle *K* d'échappement : le talon *n* de la *détente-ressort* ne doit être engagé avec la pointe de la dent de la roue, que de la quantité nécessaire pour l'arrêter sûrement ; sa course doit être également bornée du côté de la roue

d'échappement par une cheville d'arrêt, de même qu'on le voit pour la *levée-ressort*; cette cheville n'est pas ici représentée, mais on peut se la figurer portée par un petit pont qui doit être placé entre *m* & *n*.

175. *T h* est le pont de la roue d'échappement *I*; *V t* le pont de suspension du balancier, & *Y t* le pont de précaution pour empêcher le balancier de remonter & de faire casser son ressort de suspension : 2 3 4 sont les ponts des rouleaux supérieurs ; ces ponts sont attachés sur le dessus de la troisieme platine (*O*, *O*, fig. 1) : 5, 6, 7, 8 sont les quatre piliers de la cage du rouage : *z z* est le bras de la détente placé en dehors de la platine-cadran pour arrêter le balancier : 9, 10, 11, 12 sont les pivots des piliers d'acier de la cage du régulateur qui passent à la deuxieme platine (*B*, *B*, fig. 1.)

176. La fig. 3, représente le plan du régulateur & du méchanisme de compensation, ou la platine *N*, *N* (fig. 1) vue en dehors : *L*, *L* est le balancier ; *Q*, *Q* la platine inférieure des rouleaux : cette platine doit être graduée en dessus en degrés du cercle pour voir l'étendue des vibrations du balancier ; *R*, *R* est la platine des rouleaux supérieurs : 5, 6, 7 sont les rouleaux de la cage inférieure, & *l*, *m*, *n* leurs ponts. Les rouleaux de la cage supérieure sont correspondants à ceux-ci, mais ils ne peuvent être vus dans le plan, le profil, fig. 1, les indique : 9, 10, 11, 12 marquent la position des quatre piliers d'acier de la cage du régulateur ; & 13, 14, 15, celle des piliers des cages des rouleaux : 16, 17, 18, 19 marquent la position des pivots des quatre piliers de la cage du rouage.

177. *A B* fait voir le chassis de compensation, & *C* le pont sur lequel il est fixé : *a b c* le levier de compensation ; *b* est son centre de mouvement ; *a* le petit levier portant la partie arrondie qui pose sur le bout du chassis, & *c* le bout du grand levier qui agit sur la vis *f*, portée par la boîte du pince-spiral *d e f* : *D c* est le pont du pince-spiral, *e* la boîte du pince-spiral dont le bout est terminé en fente pour le passage du spiral. Je ne m'arrête pas aux divers

effets du méchanisme de compensation ; j'ai donné dans le *Traité des Horloges Marines* tous les détails de cette partie également développée dans les figures de cet Ouvrage: je dois être dispensé de les répéter ici.

178. *E F* est le piton du spiral portant quatre vis pour le caler ; *F* est la mâchoire qui fixe le bout extérieur du spiral : *g* la vis de pression qui le fixe à la platine : *g h* le ressort qui sert de virole, & dont l'effet est qu'en serrant la vis pour fixer le piton, la partie *g* du ressort ne fasse qu'appuyer sur le piton sans pouvoir le faire tourner : ce piton est vu en perspective, fig. 4.

179. La piece *G H i c*, représente la détente qui sert à arrêter le balancier pour le transport de l'Horloge, & en même-tems sert à arrêter le pince-spiral, de sorte qu'il ne puisse pas être cahoté : *G* est le centre de mouvement de la détente : *G H* le bras qui porte une cheville pour appuyer sur le balancier *L*, *L* en *p*, ce qui l'empêche de tourner : *G c* le bras qui souleve le balancier par son assiette pour préserver le ressort de suspension du balancier de toute secousse, & *G i* le bras qui appuie sur le grand bras du levier *b c* de compensation, pour arrêter le pince-spiral pendant le transport de l'Horloge.

Dimensions de l'Horloge à Longitude, N° XXIV.

180. Le tambour a 6 pouces de hauteur en dedans, son diametre 4 pouces 9 lignes.

Le diametre des platines 52 lignes, épaisseur 1 ligne ; les plus minces des grandes $\frac{11}{12}$.

La hauteur des piliers, cage, rouage, 15 lig.

Piliers d'acier, cage, régulateur, 20 lig. $\frac{1}{2}$.

Cage, balancier, 15 lig.

Le corps a de diametre, 4 lig. $\frac{8}{12}$.

Le deuxieme corps, 3 lig. $\frac{10}{12}$.

Pivots, 2 lig. $\frac{11}{12}$.

Piliers, cage, rouleaux, 4 lig. $\frac{1}{2}$ de haut.

181. La roue de fuſée 80 dents, diametre, 21 lig. $\frac{8}{12}$.

Le pignon de la roue de minutes a 20 dents & 5 lig. $\frac{5\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

Roue des heures 72, diametre, 19 lig. $\frac{2}{12}$.
Pignon de renvoi, 24 dents.
Diametre, 6 lig. $\frac{9}{12}$.
Roue de minutes 160, diametre, 19 lig. $\frac{1}{3}$.
Pignon de champ 20, diametre, 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$.
Roue de champ 150, diametre, 18 lig. $\frac{3}{24}$.
Pignon de ſecondes 20, diametre 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$.
Roue de ſecondes 120, diametre, 14 lig. $\frac{1}{2}$.
Pignon d'échappement 20, diametre, 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$.
Roue d'échappement, 10 dents.
Diametre, 9 lig. $\frac{8}{12}$.

Le barillet a 21 lig. de diametre en dedans, ſa hauteur 9 lig. $\frac{4}{12}$; le reſſort a 5 pieds 8 pouces de longueur, ſa largeur 8 lig $\frac{10}{12}$; épaiſſeur en dehors $\frac{39}{200}$, au dedans $\frac{30}{200}$: il fait 7 tours $\frac{1}{2}$, tire 8 onces à demi-tour de bande.

La fuſée fait 7 tours, la baſe à 15 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, le ſommet 7 lig. $\frac{4}{12}$: elle a 6 lignes de haut.

Diametre des pivots.

182. Pivots de fuſée du quarré, 1 lig. $\frac{2}{12}$.
De minutes, $\frac{32}{48}$ lig.
De champ, $\frac{16}{48}$.
De ſecondes portant l'aiguille, $\frac{12}{48}$.
Roue d'échappement, $\frac{5}{48}$.
De détente, $\frac{4}{48}$;
Rouleaux, $\frac{8}{48}$.
Grand levier de compenſation, $\frac{30}{48}$.
Pince-ſpiral, $\frac{16}{48}$.

Longueur du chassis de compensation, 51 lig.
Largeur, 28 lignes.
Grosseur des tringles, 1 lig. $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$.

183. Spiral.
Fait 4 tours $\frac{1}{4}$.
Diametre, 9 lig. $\frac{10}{12}$.
Largeur, 2 lig. $\frac{9\frac{1}{2}}{12}$.
Épaisseur au dehors, $\frac{19}{200}$.
Le spiral tire 20 grains, à 5 degrés de la balance élastique.
Le balancier a 44 lignes de diametre, & pese 2 onces.

Remarque sur le rouage de N° XXIV.

En examinant la quantité de force motrice de n° XXIV, je vois que le rouage est plus grand que ne le requiert l'effort qu'il reçoit du moteur : car dans mes petites Horloges à Longitude, n° XXVII, &c. la force motrice est presque aussi grande que dans le n° XXIV, & cependant le rouage de celles-ci est beaucoup plus petit : or de petites roues ont deux avantages, 1° d'être d'une exécution plus facile, 2° d'être moins pesantes, & par conséquent de causer moins de frottement. Voici les dimensions d'un rouage pour n° XXIV, qui me paroît préférable à celui employé.

La roue de fusée fera un tour en 5 heures, aura 16 lig. $\frac{1}{4}$ de diametre, & 100 dents. Le pignon de minutes, 20 dents & 3 lig. $\frac{3}{12}$ de diametre. Le pignon de renvoi porté par la roue de fusée, 35 dents & 5 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre.

Roue des heures 84 dents, & 13 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre.

Roue de minutes 128 dents, & 15 $\frac{5}{12}$ de diametre; le pignon de roue moyenne, 16 dents & 2 lig. de diametre.

Roue moyenne 120, & 14 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, le pignon de secondes, 16 dents, 2 lig. de diametre.

Roue de secondes 96 dents, 11 lig. $\frac{7}{12}$ de diametre ; pignon d'échappement 16, & 2 lig. de diametre.

Roue

Roue d'échappement, 10 dents & 9 lignes $\frac{1}{2}$ de diametre.

Le cercle d'échappement, 5 lig. $\frac{4}{12}$ de diametre.

CHAPITRE VII.

Horloge à Longitude, N° XXV.

184. CETTE Horloge eſt à reſſort réglé par une fuſée, le balancier bat les demi-ſecondes; l'aiguille bat les ſecondes: le balancier eſt placé au centre des cages, comme dans N° XXIV. Cette diſpoſition eſt des plus favorables, parce qu'elle réduit l'Horloge au plus petit volume; les heures, les minutes & les ſecondes ſont excentriques, & chaque diviſion a ſon cadran particulier.

185. La roue de fuſée, le barillet, les roues des heures, des minutes & des ſecondes, ſont placées dans une cage particuliere, que j'appelle *cage du rouage.*

186. Le balancier & les rouleaux ſont placés dans une autre cage, que j'appelle *cage du régulateur*: ſur le deſſus de cette cage, eſt placée la roue d'échappement, & toute la partie de l'échappement. Les piliers de la cage du régulateur ſont prolongés pour aller s'aſſembler avec la cage du rouage, & former entre ces deux cages un eſpace convenable pour y loger l'échappement; l'axe & le pignon de la roue d'échappement paſſe, ainſi que ſon pont, dans la cage du rouage, pour aller gagner la roue de ſecondes qui engrene dans le pignon d'échappement.

187. Le deſſous de la cage du régulateur porte.

Le ſpiral placé en dehors des rouleaux; le piton qui fixe à la platine le bout extérieur du ſpiral; le pince-ſpiral & ſon pont; le chaſſis de compenſation, & le grand levier; & en général, tout ce qui forme la compenſation.

H

188. Le dedans de la cage du régulateur contient le balancier placé entre les cages particulieres des rouleaux : le dedans de chaque platine du régulateur forme, avec une autre petite platine, la cage des rouleaux.

189. L'Horloge est donc composée de deux grandes cages : celle du rouage & celle du régulateur, formant 4 platines de même grandeur ; & de deux autres petites cages qui contiennent les rouleaux. Le bord de la platine inférieure de la cage des rouleaux est gradué en degrés de cercle, afin qu'au moyen de l'index porté par le balancier, on puisse estimer exactement dans tous les tems, l'étendue des vibrations de ce régulateur. La platine supérieure des rouleaux doit être plus petite que le champ du balancier, afin qu'en mettant des masses sur la partie supérieure de ce champ, ces masses ne puissent toucher à la platine. La cage du régulateur est assemblée par quatre piliers d'acier, dont l'un se démonte pour le passage du balancier : ainsi, quoique ces platines soient fendues pour ce passage, la cage demeure parfaitement solide.

190. La construction de l'Horloge, N° XXV, dont nous venons de donner une notion, est parfaitement pareille à celle de N° XXIV, décrite dans le Chapitre précédent ; ces deux machines ne different entr'elles que par les dimensions, c'est par cette raison que j'ai pu me dispenser de la faire graver : nous nous contenterons de donner toutes les dimensions de N° XXV ; & avec ce secours, on pourroit l'exécuter d'après le plan de N° XXIV.

Cette Horloge N° XXV fut commencée en 1781, & terminée en 1782 : elle est actuellement en mer avec M. de la Pérouse.

Dimensions des parties principales de l'Horloge à Longitude, N° XXV.

191. La hauteur du tambour qui contient l'Horloge, est de 4 pouces 10 lignes en dedans, depuis le bord de la batte

qui reçoit la platine des piliers du rouage ; le diametre du tambour en dedans est de 3 pouces 8 lignes.

Le point de suspension du tambour est à la hauteur même du balancier.

192. Les quatre platines qui forment les cages du rouage & du régulateur, sont toutes du même diametre, qui est de 42 lig. $\frac{1}{4}$. Leur épaisseur o lig. $\frac{10}{12}$, la platine inférieure des rouleaux a 39 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre ; son épaisseur o lig. $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$.

La platine supérieure des rouleaux a 31 lig. de diametre ; son épaisseur o lig. $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$.

193. La hauteur des piliers de la cage du rouage, est de 14 lignes ; la grosseur du corps, 3 lig. $\frac{2}{12}$, celle de l'assiette 4 lig. pivots 2 lig. $\frac{4}{12}$.

194. La hauteur des piliers d'acier de la cage du régulateur est de 12 lignes.

Le pivot prolongé de ces piliers, a 4 lignes, tant pour l'épaisseur de la platine, que pour former l'intervalle entre la cage du rouage, & celle du régulateur, pour loger l'échappement, &c : cet intervalle est de 3 lig. $\frac{2}{12}$.

Le corps des piliers d'acier, est de 3 lig. $\frac{2}{12}$; la partie prolongée pour la seconde cage, est de 2 lig. $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$.

Les pivots 2 lig. $\frac{1}{12}$.

Hauteur des piliers des cages, rouleaux, 3 lig. $\frac{3}{4}$; diametre du corps, 2 lig. $\frac{10}{12}$, assiette 4 lignes, pivot 2 lig.

195. La roue de fusée est de 80 dents, son diametre 12 lig. $\frac{9}{12}$, épaisseur $\frac{28}{48}$; le rochet auxiliaire de la fusée a 12 lig. $\frac{9}{12}$, de diametre est 72 dents, épaisseur, $\frac{21}{48}$.

Le rochet d'encliquetage de la fusée a 41 dents, diametre 9 lig. $\frac{2}{12}$.

Le rochet d'encliquetage du barillet a 45 dents, & 14 lig. $\frac{2}{12}$ de diametre.

Le pignon de renvoi des heures sur lequel est rivée la roue de fusée a 24 dents, & 4 lig. $\frac{1}{12}$ de diametre : longueur totale du pignon avec le canon formé, 2 lig. $\frac{10}{12}$,

épaisseur du pignon 1 lig. $\frac{1\frac{1}{2}}{12}$; grosseur de la partie formant le canon de rivure, 2 lig. $\frac{10}{12}$; grosseur du canon au-dessous de la rivure 2 lig. $\frac{2\frac{1}{2}}{12}$; grosseur du trou du pignon par le plus grand côté, 1 lig. $\frac{7}{12}$; pivots de fusée, 1 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$; épaisseur des cadrans, $\frac{23}{48}$.

196. La roue des heures a 72 dents, son diametre 11 lig. $\frac{7}{12}$, épaisseur, $\frac{15}{48}$.

197. La roue de minute a 128 dents (& le pignon de son axe 20 dents,) son diametre 13 lig. $\frac{2}{12}$, épaisseur de la roue, $\frac{19\frac{1}{2}}{48}$ lig.

198. La roue de champ a 120 dents, son diametre 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$, épaisseur $\frac{15}{48}$.

199. Roue de secondes 96 dents; diametre 10 lignes, épaisseur $\frac{10}{48}$.

200. Roue d'échappement a 10 dents; diametre 9 lig. $\frac{9}{8}$, épaisseur, $\frac{8}{48}$.

201 La plaque d'échappement est d'acier, sa grandeur toute finie est de 5 lig. $\frac{4}{12}$, épaisseur $\frac{20}{48}$.

202. La palette d'échappement a de longueur 1 lig. pris du centre à celui de la cheville.

203. La détente d'échappement porte deux bras, l'un droit sur lequel agit la cheville de la palette pour laisser à la roue la liberté d'agir sur la plaque d'échappement; l'autre qui porte un talon sur lequel appuie une dent de la roue pendant que le balancier acheve sa vibration librement: chaque bras de la détente a 3 lig. de long pris du centre.

L'épaisseur de la détente est de $\frac{16}{48}$.

Sa largeur $\frac{17}{48}$; le centre sur lequel la tige s'ajuste a 1 lig. $\frac{4}{12}$.

La tige de la détente a $\frac{18}{48}$ de diametre.

Sa hauteur sans les pivots, 3 lig. $\frac{4}{12}$.

La détente porte au centre en dessous une tetine pour

former un canon d'ajustement pour la tige ; ce canon a autant d'épaisseur que la détente : ainsi l'ajustement est de $\frac{32}{48}$.

La détente toute finie pese avec sa tige 2 grains $\frac{1}{2}$.

204. La levée de l'échappement est de 60 degrés.

205. Le pignon de la roue de minutes a 20 dents & 3 lig. $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$ de diametre ; son épaisseur 1 lig. $\frac{4}{12}$; le trou du pignon pour s'ajuster sur le tigeron $\frac{11\frac{1}{2}}{12}$.

La tige de minutes a 1 lig. $\frac{2}{12}$ de diametre ; le tigeron sur lequel le pignon s'ajuste & est chassé à o lig. $\frac{11\frac{1}{2}}{12}$.

Les pivots de minute ont o lig. $\frac{28}{48}$ de grosseur.

206. Le pignon de champ a 16 dents, son diametre 1 lig. $\frac{8}{12}$, épaisseur o lig. $\frac{10}{12}$; la tige de ce pignon a o lig. $\frac{10}{12}$ de diametre ; le tigeron sur lequel le trou du pignon entre à force a $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$ lig. de diametre ; ses pivots ont $\frac{13}{48}$ de diametre.

207. Le pignon de secondes a 16 dents, diametre 1 lig. $\frac{8}{12}$, épaisseur $\frac{10}{12}$; sa tige a $\frac{9\frac{1}{2}}{12}$, son tigeron $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$, ses pivots $\frac{11}{48}$.

208. Le pignon d'échappement a 16 dents, son diametre 1 lig. $\frac{8}{12}$, épaisseur $\frac{8}{12}$, sa tige $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$, ainsi que son tigeron ; ses pivots, $\frac{4\frac{1}{2}}{48}$.

Pivots de la détente $\frac{4}{48}$; de la palette $\frac{3}{48}$.

209. Les rouleaux ont 18 lig. $\frac{1}{12}$ de diametre, épaisseur $\frac{16}{48}$; grosseur des tiges $\frac{10\frac{1}{2}}{12}$, les pivots $\frac{6\frac{1}{2}}{48}$: les pivots de balancier $\frac{20}{48}$.

210. Pivot du grand levier de compensation $\frac{18}{48}$; sa tige, 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Pivot du pince-spiral, $\frac{21}{48}$.

Les quarrés ont de grosseur $\frac{30}{48}$.

Hauteur de la tige, 6 lig.

211. Le pont de suspension du balancier est d'acier, sa hauteur totale est de 21 lignes : sa largeur 3 lig. $\frac{1}{2}$, épaisseur, 1 lig. $\frac{8}{12}$.

212. Le piton de ſpiral eſt en acier trempé, il porte 4 vis pour le caler; ſa longueur 7 lignes; ſa largeur 3 lig. $\frac{2}{12}$, épaiſſeur de la patte, $\frac{8}{12}$.

213. Le chaſſis de compenſation a 41 lig. de longueur, largeur 21 lignes, groſſeur des tringles 1 lig. $\frac{2}{12}$.

Le chaſſis doit être élevé de 2 lig. $\frac{1}{3}$ au-deſſus de la platine, afin que le piton du ſpiral paſſe deſſous ſans toucher à ces tringles; ce piton a 2 lig. d'élévation au-deſſus de la platine.

Le pont du chaſſis a de hauteur 23 lig. $\frac{1}{4}$ ſous le talon du pivot.

214. Le point de contact du petit bras du grand levier qui agit ſur le chaſſis, eſt diſtant du centre de ce levier de 2 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$: le contact du grand bras du grand levier eſt diſtant du centre du pince-ſpiral, d'environ 1 lig. $\frac{1}{41}$: ces points de contact ſont formés par deux rubis.

215. Le balancier a 36 lig. de diametre, peſe tout fini, l'Horloge étant réglée, 11 gros 7 grains avec l'axe; ſans l'axe, 10 gros 6 grains; l'épaiſſeur du champ 1 lig. $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$.

Largeur de champ du balancier, à l'endroit des maſſes, 2 lig. $\frac{10\frac{1}{2}}{12}$; dans l'intervalle des maſſes, ſa largeur eſt de 2 lig.

Largeur du centre 5 lig. $\frac{8}{12}$, épaiſſeur des croiſées, $\frac{8}{12}$; groſſeur du trou, 3 lig.

216. Le ſpiral fait quatre tours $\frac{1}{2}$, en tout; ſon diametre 7 lig. $\frac{4}{12}$.

Largeur 1 lig. $\frac{9}{12}$, épaiſſeur au dehors, $\frac{15}{200}$ lig.

Groſſeur de l'axe du balancier, 1 lig.

Pivot de balancier, $\frac{20}{48}$.

217. Le barillet a 19 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre en dedans; ſa hauteur 8 lig. $\frac{8}{12}$ en dedans.

Le reſſort a 8 lig. $\frac{4}{12}$ de largeur.

CHAPITRE VIII.

Horloge N° 4 à ressort.

218. CETTE Horloge est à ressort égalisé par une fusée : le balancier suspendu par un ressort, fait quatre vibrations par seconde ; l'échappement est à vibrations libres ; ainsi l'aiguille des secondes bat les demi-secondes : la compensation du chaud & du froid est produite par un chassis comme dans les grandes Horloges décrites *Traité des Horloges Marines*. Cette Horloge fut construite en 1773. J'en exécutai quatre sur le même plan, elles furent terminées en 1775 : je remis celle n° 4 en 1776 à M. le Chevalier de Borda ; par ordre du Ministre de la Marine ; ces quatre Horloges sont n°s 2, 3, 4 & 5, à ressort ; elles appartiennent au Roi.

219. J'avois appliqué le compensateur isochrone à celle n° 2 : voici une notion de la maniere dont ce méchanisme étoit appliqué. Sur une plaque ou petit cercle qui étoit attaché, au bout de la virole de spiral étoit placée une poulie à double rainure, laquelle pouvoit être rendue plus ou moins excentrique à l'axe du balancier, au moyen de deux vis qui la fixoient sur la plaque : chaque rainure portoit un fil de *pite* dont le bout étoit attaché à un ressort. Ces deux ressorts agissoient en sens contraires & produisoient la correction de l'isochronisme : on pouvoit en augmenter ou diminuer l'effet par le plus ou moins d'excentricité de la poulie, ou par le plus ou moins de bande des ressorts. Je supprimai par la suite ce méchanisme qui devint inutile, parce que le spiral fut jugé lui-même isochrone ; d'ailleurs je craignois que les fils de pite ne vinssent à changer de longueur : voy. Chapitre I, pag. 2, note (*b*).

Description de l'Horloge N° 4, Planche II, fig. 1 & 2.

220. Le mouvement de cette Horloge est composé de deux grandes platines qui forment la cage du rouage, & de quatre petites platines qui forment les cages du balancier, des rouleaux & de l'échappement : la disposition de ces cages est la même que dans l'Horloge n° XXIV, Planche I, fig. 1, décrite Chap. VI.

221. *A A*, Planche II, fig. 1, est la platine-cadran ; elle porte quatre piliers 1, 2, 3, 4, qui s'assemblent avec la platine *B B*, (fig. 2,). Cette premiere cage contient le rouage ; *C*, est le barillet ; *D*, la roue des heures, laquelle engrene dans le pignon de renvoi *a*, porté par la roue de fusée *E* ; celle-ci engrene dans le pignon *b* de minutes ; la roue *F* de minutes engrene dans le pignon *c* ; celui-ci porte la roue moyenne *G* ; cette roue *G* engrene dans le pignon *d* de secondes, lequel porte la roue *H* qui engrene dans le pignon *e* d'échappement ; la roue *I* d'échappement est portée par le pignon *e* : elle communique l'impulsion qu'elle reçoit du moteur au cercle *f* d'échappement ; le *levée-ressort* *g h i* est attaché par une vis & 2 pieds au cercle *f* ; la partie *i* de ce ressort sert à élever le bras droit *l* de la détente d'échappement, *l n m* mobile en *n* sur les deux pivots entre le pont *L* & la platine ; *o* est le ressort de la détente : nous ne répétons pas ici les effets de cet échappement décrits ci-devant Chap. IV, n°s 69 72 = 89, &c. voy. aussi *Traité des Horloges Marines*, n° 970 & suivant.

222. *Z* est le pont de suspension du balancier, *N* celui de la roue d'échappement *I* : les ponts, *O P V* sont ceux des rouleaux portés par la petite platine du Régulateur, laquelle porte en même-temps l'échappement : cette platine est ponctuée & représentée par *R S T* ; 5, 6, 7 sont les pivots des piliers à double base de la cage du régulateur ; 8, 9, 10 les piliers des cages des rouleaux ; *V* est le plôt du

du garde-chaîne porté par le dedans de la deuxieme platine du rouage, *X* le crochet de fuſée, & *V X* le garde-chaîne; *Y* repréſente le cadran des heures, *M* celui des minutes, & *Q* celui des ſecondes.

223. *BB*, fig. 2, repréſente le dehors de la deuxieme platine du rouage ſur laquelle eſt tracé tout ce qui concerne le méchaniſme de compenſation & le Régulateur; 1, 2, 3, 4 ſont les pivots des piliers de la cage du rouage; 5, 6, 7 les trois piliers à double baſe de la cage du Régulateur, & 8, 9, 10 les piliers des cages des rouleaux; *CDE* ſont les rouleaux; *c d e* les ponts des rouleaux: *F G H* la platine des piliers de la cage du Régulateur fendue en *I*, pour démonter le balancier: *K* le pont du chaſſis de compenſation; *L M* le chaſſis; *f g h* le levier de compenſation, mobile en *g*: le petit bras, *g f*, agit ſur le bout du chaſſis, & le grand bras, *g h*, ſur la vis de la boîte *i*, portée par le bras *n l* du pince-ſpiral *l n m*, dont l'axe *n* eſt mis en cage dans le double pont *N n*: le bras *n m* du pince-ſpiral porte la boîte *o* dans la fente de laquelle paſſe le ſpiral *p q*: *P* eſt le piton de ſpiral portant quatre vis, *r s t u*, pour le caler.

224. Les dimenſions du rouage & les nombres des roues & des pignons ſont les mêmes que dans l'Horloge nº XXIV voyez ci-devant nº 181. La roue d'échappement ſeule differe; car dans cette Horloge nº 4 le balancier fait 14400 vibrations par heure, ainſi la roue d'échappement a 20 dents, & 11 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre: le cercle d'échappement, tel qu'il eſt marqué en *f*, fig. 1.

Remarque ſur cette Horloge.

225. La conſtruction de cette Horloge me paroît encore actuellement très-bonne; & étant bien exécutées de telles machines doivent avoir une juſteſſe à peu-près égale à celle des grandes Horloges; car le balancier a une force de mouvement preſque auſſi grande que celui de l'Horloge à poids

n° 8, que j'emploie toujours pour terme de comparaison : le balancier du n° 4 ayant des vibrations promptes, 4 par seconde, devient par-là moins susceptible des agitations du vaisseau : l'usage que M. le Chevalier de Borda a fait du n° 4, dans la campagne de 1776, confirme ce que je viens de dire de cette construction.

CHAPITRE IX.

Principes de construction des petites Horloges à Longitude portatives, dont le balancier suspendu par un ressort, fait six vibrations par seconde. Et description de l'Horloge à Longitude, N° 1. de cette espèce.

226. Les grandes Horloges à poids, si utiles dans les voyages qui ont pour but la rectification des cartes marines, pourroient également servir à tous les usages de la navigation, si on pouvoit avoir dans chaque Port, des Artistes capables de les entretenir ; mais comme de tels Artistes sont fort rares, & restent plus volontiers dans la Capitale, ces Horloges ne peuvent pas devenir d'un usage général : car ces machines sont d'un transport difficile par terre, à cause de leur grand volume, & elles sont par-là même exposées à divers accidents : d'ailleurs les Horloges à poids sont d'un trop grand prix. Ce sont ces difficultés qui, dès le premiers tems de mes recherches sur cette matiere, me déterminerent à réduire, autant qu'il étoit possible, ces machines, au plus petit volume : & telle étoit ma premiere Montre Marine, désignée par N° 3, laquelle fut éprouvée à Brest, en 1764 (a) : cette Montre, toute imparfaite que je la con-

(a) Voy. *Traité des Horloges Marines*, la construction de cette Montre N° 556, représentée Planche VIII, du même rage.

noissois du côté de l'exécution, a cependant eu encore assez de succès, pour m'assurer qu'en rectifiant quelques parties de sa construction, & sur-tout qu'étant exécutée avec plus de perfection, elle rempliroit les usages les plus essentiels pour la navigation : c'est d'après les observations que je viens de présenter, que j'ai travaillé à l'exécution de la petite Horloge N° 1. Je vais expóser ici les principes qui ont servi de base à sa construction, & à son exécution.

Proposition sur l'isochronisme des vibrations du balancier.

Un spiral isochrone étant appliqué au balancier, ne conserve cette propriété que pendant que les huiles sont fluides, & que les frottemens restent constants.

227. Si l'on pouvoit réduire à un état parfaitement constant les frottemens & les résistances des huiles des pivots du balancier, il est évident que l'isochronisme des vibrations par le spiral étant une fois donné, cet isochronisme se conserveroit toujours le même, quoique les arcs d'écrits par le balancier changeassent d'étendue par d'autres causes; & par une suite de cette supposition, la compensation du chaud & du froid une fois donnée, demeureroit constante. Mais cet état de perfection que nous supposons dans le régulateur, ne peut rigoureusement avoir lieu; ensorte qu'il arrive que les oscillations d'inégale étendue étant isochrones, au moment où la machine est nouvellement remontée, & que les huiles sont fraîches, ces oscillations cesseront d'être isochrones, dès que les huiles seront épaîssies, & les frottements augmentés :car ces huiles, ainsi épaissies, ralentissent les vibrations du balancier. (Essai sur l'Horlogerie N° 1881, & *Traité des Horloges Marines* N° 271). L'augmentation dans les frottements & dans les résistances des huiles, affecte également la compensation du chaud & du froid, la-

quelle n'eſt plus la même, lorſque les huiles ſont épaiſſies.

228. Les effets très-certains que nous venons d'établir, ſont les plus grands obſtacles à la juſteſſe conſtante des machines qui meſurent le temps, & dont le Régulateur eſt un balancier : & ces effets ſont beaucoup plus ſenſibles dans les Montres de poche, parce que le balancier eſt petit & léger, & que ſes pivots, qui roulent dans des trous, éprouvent beaucoup de frottement & de réſiſtance de la part des huiles; mais ces effets ſont infiniment plus petits dans les Horloges à Longitude bien conſtruites : car ici le balancier a une grande puiſſance, & les frottements de ſes pivots ſont réduits à la plus petite quantité, au moyen des rouleaux.

C'eſt d'après les principes que je viens d'énoncer, que je me ſuis déterminé à employer des rouleaux dans mes petites Horloges à Longitude, ainſi qu'à ma premiere Montre à Longitude portative.

ARTICLE I.

Principes de conſtruction des petites Horloges à Longitude.

229. LES Montres à Longitude, qui doivent ſervir en tems de guerre, pour ſoutenir ſans dérangement les ſecouſſes & commotions de l'Artillerie des vaiſſeaux, & à terre, les cahotages de la voiture, doivent être d'une nature différente des *Horloges Marines* : les Montres à Longitude pour remplir les vues que je me ſuis propoſées, doivent être plus approchantes de la nature des Montres de poche ; comme celles-ci, elles doivent ſupporter ſans dérangement des mouvements violents & irréguliers de toute eſpece : & telles ſont en effet les propriétés des bonnes Montres de poche, que les mouvements les plus violents du cheval & de la voiture ne les font pas varier, parce que le balancier, Régulateur de ces machines eſt petit & léger, & fait des vibrations promptes. Car les écarts des Montres viennent uniquement des chan-

gemens qui ont lieu par les frottemens des pivots, par les résistances des huiles, & les changemens qui arrivent dans les huiles, par le chaud & le froid, &c. (Voy. ci-après seconde Partie, Chapitre I, les causes de variations des Montres de poche).

230. Pour construire donc une excellente Montre à Longitude, il faut s'appliquer à détruire les vices des Montres.

231. 1° En conservant les propriétés du balancier d'une bonne Montre de poche, sçavoir, d'être petit, léger, de faire des vibrations promptes, & de décrire de grands arcs; mais pour en faire un vrai Régulateur, il faut que le balancier de la Montre à Longitude, ait cependant une plus grande force de mouvement, dont nous établirons les limites appuyées par l'expérience.

232. 2° Le régulateur d'une Montre à Longitude doit donc être à peu-près de la nature de celui d'une bonne Montre de poche; mais je dois observer que, dès lors, un tel régulateur a beaucoup plus de frottement, & éprouve plus de résistance de la part des huiles, &c, que celui qui fait des vibrations lentes, & a une grande force de mouvement : ensorte que la justesse de la Montre ne peut pas être réputée constante, à cause de ces effets. Pour construire donc une excellente Montre à Longitude terrestre, & marine, il faut employer tout l'art possible, tant du côté des principes, que de celui de l'exécution, pour dépouiller le Régulateur des frottemens & des résistances des huiles qui ont lieu dans les Montres de poche.

233. 3° Le balancier doit être horisontal, & suspendu par un ressort (*a*), ce qui rend les frottemens plus petits & plus constants.

234. 4° Les pivots du balancier, au lieu de tourner dans des trous comme dans les Montres, doivent tourner entre 6

(*a*) Il seroit peut-être préférable dans une telle machine, de diminuer la puissance du Régulateur, & de faire rouler le pivot sur la pointe, comme je l'avois fait dans ma premiere Montre Marine, & c'est ce que j'ai tenté depuis dans la petite Horloge N° 56. Voy. ci-après, Chapitre XI.

rouleaux ; c'eſt un ſecond moyen de réduire les frottemens & les réſiſtances des huiles du Régulateur à la plus petite quantité.

235. 5° L'échappement doit être de nature à éprouver les plus petits frottemens poſſibles ; tel eſt l'échappement à vibrations libres, que j'ai compoſé & adapté à mes Horloges à Longitude.

236. 6° Le ſpiral doit être trempé, plié comme ceux de mes Horloges, afin que ſa force & ſa figure ſoient inaltérables.

237. 7° Le ſpiral doit être iſochrone, & c'eſt une des conditions la plus eſſentielle d'une telle machine ; car le ſpiral ayant cette propriété, la marche de la Montre ſera conſtamment la même, malgré les changemens dans les frottemens, les inégalités de la force motrice, les cahotages de la voiture, &c. Ce ſont toutes ces cauſes qui font varier l'étendue des vibrations. Voy. Chapitre II les moyens d'arriver à ce degré de préciſion, & d'exécuter les reſſorts ſpiraux.

938. 8° Pour ſuppléer d'une façon encore plus sûre à ce qui pourroit manquer à l'iſochroniſme des vibrations d'inégale étendue, le meilleur moyen ſeroit de faire uſage du Compenſateur iſochrone, voy. Chap. I.

239. 9° Il faut que les effets du chaud & du froid, ſur le Régulateur, ſoient corrigés par un méchaniſme de compenſation, comme je le pratique dans mes Horloges à Longitude.

240. 10° Le méchaniſme de compenſation doit avoir toute la ſolidité convenable pour la Montre : il faut que le pince-ſpiral ſoit cependant le plus léger poſſible, & le reſſort qui le preſſe, très-foible, & que les points de contact du méchaniſme de compenſation, ſe faſſent ſur des rubis parfaitement polis, enſorte que, dans tous les temps, les effets de la compenſation ſoyent inaltérables (*a*).

(*a*) Voy. ci-après, Chap. XIX, la maniere de conduire le méchaniſme de compenſation à ſon plus grand degré de perfection.

241. 11° La force motrice doit être un ressort, dont l'action soit rendue parfaitement constante, au moyen de la fusée, & il faut que le ressort soit fait de maniere à ne pas perdre de sa force, & qu'il ait le moins de frottement possible.

242. 12° Que les pivots du rouage soient les plus petits que comporte la pression qu'ils éprouveront : les roues les plus petites & les plus légeres, & relativement à la puissance du moteur.

243. 13° Les pivots des rouleaux doivent être les plus petits possibles, & proportionnés à la puissance du Régulateur, les rouleaux légers, &c.

244. 14° Tous les pivots inférieurs, tant du rouage, que du Régulateur, doivent rouler sur des coquerets d'acier trempés dur, afin d'éviter les frottemens des portées, lesquels sont de nature très-nuisible.

245. 15° Que la Montre soit maintenue à la mer, dans la position horisontale, au moyen d'une suspension pareille à celle de mes Horloges.

246. 16° Enfin, que même dans la voiture, la Montre soit maintenue, autant qu'il est possible, dans la position horisontale; mais ici la suspension ne doit pas agir, & ne peut servir, le tambour doit être rendu fixe.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails sur les principes qui doivent servir de base à la construction des petites Horloges ou Montres à Longitudes : ces principes n'étant d'ailleurs que l'application de la théorie que j'ai établi (*a*) sur les Régulateurs des Montres portatives, & des Horloges à Longitudes. *Essai sur l'Horlogerie*, Chap. XXVIII, XXIX & XXX, seconde Partie : & dans le *Traité des Horloges Marines*, Chap. IV, (*b*) premiere Partie, Chap. V, (*c*) seconde Partie, &c. On peut recourir à ces deux Ouvrages, pour tout ce qui concerne la théorie de ces machines.

(*a*) N° 1825 & suivant, 1880 : 1894, &c.
(*b*) N° 72 100 : 112 : 128 : 141, &c.
(*c*) N° 560 : 56? : 1002, &c.

ARTICLE II.

Construction de la petite Horloge à Longitude, N° 1.

247. MA premiere *Montre Marine*, éprouvée à Brest en 1764, avoit été construite à dessein de servir à donner la Longitude à la mer, & à terre, étant transportée dans une voiture, (Voy. *Traité des Horloges Marines* N° 556): & cette machine a assez bien rempli mes vues. La nature de sa construction, & l'exécution même, laissoient cependant beaucoup encore à desirer : aussi, peu après les diverses épreuves qu'on a faites de cette machine, me suis-je occupé de la composition d'une nouvelle Montre à Longitude, propre à servir à terre, transportée dans une voiture, & par-là même en état de soutenir à la mer non-seulement les agitations du vaisseau, mais plus particulierement les commotions de l'artillerie, & à servir d'Horloge astronomique à terre, placée sur une table, ou sur une cheminée. Tel a été l'objet de la composition de ma Montre à Longitude N° 1, dont le plan & l'exécution datent de 1777, machine qui appartient au Roi, & qui a servi en 1780 & 1781, dans l'Escadre de M. le Chevalier de Ternay; elle a servi, en 1784, à M. le Comte de Chasteney-Puiségur, dans la campagne qu'il a faite à Saint-Domingue, pour lever la carte de cette île & de ses débouquemens.

248. Le balancier de la Montre à Longitude fait 6 vibrations par seconde = 21600 par heure, a 24 lignes de diametre, & décrit 240 degrés le ressort spiral est trempé : plié, & il est isochrone.

Le balancier est horisontal & suspendu par un ressort; ses pivots tournent entre 6 rouleaux.

249

249. L'échappement est celui à vibration libre, pareil à celui que j'emploie dans mes grandes Horloges.

250. La correction des effets du chaud & du froid est produite par un chassis, comme dans mes Horloges à Longitude.

251. La force motrice est un ressort égalisé par une fusée.

252. Le mouvement de cette Montre est placé dans un tambour, comme ceux de mes grandes Horloges, & il est porté de même par une suspension, pour conserver la position horisontale, malgré les agitations du vaisseau.

253. Le rouage est de la même construction qui est employée dans l'Horloge N° 6 à poids, c'est-à-dire, que les heures, les minutes & les secondes sont concentriques au cadran. Voy. *Traité des Horloges Marines*, Planche IX, & la description N° 673.

254. Le but que j'ai eu dans la disposition des diverses parties de la Montre à Longitude, a été de la réduire au plus petit volume, en donnant cependant au Régulateur & au moteur une grande puissance ; & je l'ai distribuée de maniere à avoir la facilité de démonter l'une ou l'autre de ses parties séparément, sans déranger les autres : ainsi on peut démonter le barillet & la fusée, sans démonter ni le rouage, ni le Régulateur, & on peut démonter le rouage, sans déranger, ni le Régulateur, ni le moteur.

255. La Montre à Longitude est composée de 6 platines, formant trois cages principales ; la premiere contient le rouage ; la seconde le moteur & la fusée : la troisieme le Régulateur. Cette derniere cage est par-là composée des deux petites cages des rouleaux, ce qui forme en tout cinq cages.

256. Les deux grandes platines qui forment la cage du rouage, sont la platine-cadran, & la platine du Régulateur & du moteur ; ces platines ont 37 lignes de diametre, qui est la grandeur de la Montre.

257. La platine-cadran porte 4 piliers dont la hauteur est 6 lignes.

258. La platine-Régulateur, porte 6 piliers, 3 pour la cage-Régulateur, & 3 pour la cage du moteur; ces piliers ont 8 lig. de hauteur; les deux petites platines des cages de rouleaux portent chacune 3 piliers, dont la hauteur est de 3 lignes.

Description de la petite Horloge à Longitude N°. 1.

Planche V, fig. 4 & 5.

259. La fig. 4, Planche V, représente le dehors de la platine des piliers de la cage du Régulateur & du moteur, sur laquelle est tracé le plan du rouage & de l'échappement; le dehors de cette platine forme avec la fausse plaque ou platine-cadran, une cage qui contient une partie du rouage & l'échappement : la platine-cadran porte 4 piliers qui entrent dans les trous 1, 2, 3, 4, de la platine *A A*: 5, 6, 7, marquent les places de 3 piliers de la cage du moteur mis en dedans de la platine *A A*; 8, 9, 10, marquent les places des 3 piliers de la cage du Régulateur; ils sont rivés en dedans de la platine *A A* : 11, 12, 13, marquent les positions des 3 piliers de la cage des rouleaux; ces piliers sont rivés sur une petite platine qui est de la grandeur du balancier.

260. *B* est le barillet : ce barillet est fait de maniere à contenir deux ressorts, parce qu'un seul n'auroit pas produit une assez grande force pour la puissance du Régulateur, & la vîtesse de son mouvement (*a*). Ces deux ressorts sont contenus dans 2 barillets placés sur le même arbre, adossés l'un contre l'autre, & ils sont fixés ensemble par des vis.

261. *C*, est la roue de fusée, elle a 80 dents, & engrene dans le pignon *a* de 20 dents : *D* est le rochet au-

(*a*) Par le calcul que j'en ai fait, j'ai trouvé qu'un point pris à la circonférence du balancier, parcourt 30,000 toises en 24 heures.

xiliaire. Sur le pignon *a*, eſt rivée la grande roue moyenne *E*, celle-ci fait un tour par heure, elle a 80 dents, & engrene dans le pignon *b* de 10 dents. Ce pignon porte la roue moyenne *F*, qui a 75 dents. Cette roue engrene dans le pignon *c* de ſecondes, lequel a 10 dents : ſur ce pignon eſt rivée la roue *G* de ſecondes, qui a 108 dents. Celle-ci engrene dans le pignon *d* de 6 dents ; ſur ce pignon, eſt rivée la roue d'échappement *H*, qui a 10 dents.

262. *I*, *K* ſont les roues de renvoi des heures, celle *I* eſt portée par le canon de la roue de minute, laquelle n'eſt pas ici repréſentée, mais dont la diſpoſition eſt la même que dans l'Horloge nº 6 ; voy. Planche IX du *Traité des Horloges Marines*, & Planche XXVII de l'Eſſai ſur l'Horlogerie.

263. La roue *F* eſt miſe en cage entre la platine-cadran & le dehors de la platine des piliers *A A*; le pignon de la grande roue moyenne *a* paſſe en dedans de la cage du moteur pour engrener dans la roue de fuſée ; le pivot d'en bas de ce pignon roule dans un trou de la petite platine *a*, *b*, *c*, *d* du moteur, vue fig. 5.

264. La roue de ſecondes eſt miſe en cage ſur le dehors de la platine *A A* au moyen du pont *M*, dont le canon porte un bouchon qui reçoit le pivot ſur lequel eſt ajuſté l'aiguille de ſecondes ; ſur ce canon du pont roule le canon de la roue de minute, &c. Cette roue a 80 dents : les roues *I* & *K* ont 36 dents, & la roue des heures a 72 ; elle eſt menée par un pignon de 6 ſur lequel eſt rivée la roue de renvoi *K*.

265. *E f* eſt la détente d'échappement. *N*, le pont entre lequel & la platine cette détente eſt miſe en cage ; *g* le reſſort qui ramene la détente ; *h* la cheville d'arrêt.

266. *L* eſt le cercle d'échappement porté par l'axe de balancier ; *i k*, la palette qui ſert à élever la détente *e f*; cette palette eſt miſe en cage ſur le cercle *L* par un pont qui n'eſt pas ici repréſenté : *k m*, eſt le reſſort qui ramene la palette ; *n*, la cheville d'arrêt portée par le cercle *I*.

K 2

267. *P* eſt le pont du rouleau que l'on démonte pour retirer le balancier de la cage; *o*, *p*, *q*, *r*, *s*, la fente faite à la platine, pour démonter le rouleau & le balancier.

268. *A A*, fig. 5, repréſente le dedans de la platine des piliers ſur laquelle eſt tracé le plan du Régulateur de cette Horloge & du moteur.

269. 5, 6, 7, repréſentent les trois piliers de la cage du moteur, dont *a*, *b*, *c*, *d* eſt la platine; *B* eſt le barillet : *E* le rochet d'encliquetage, & *F* le cliquet : *G H*, le pont du barillet fixé aux deux parties coupées de la platine *a*, *b*, *c*, *d*; le cliquet *F* eſt attaché ſur ce pont; le cercle ponctué *C*, repréſente la roue de fuſée, & *D* le rochet auxiliaire, dont *I* eſt le cliquet; *K* le trou du pivot de la grande roue moyenne.

270. *L L*, eſt la platine inférieure du Régulateur : 8, 9, 10 les piliers qui aſſemblent cette platine avec la grande platine *A A* des piliers : c'eſt entre ces deux platines que ſont logés le balancier & les rouleaux; voy. Planche VIII du *Traité des Horloges Marines*, le profil de la Montre n° 3; ici la diſpoſition eſt la même.

271. *N*, *O*, *P*, repréſentent les trois rouleaux portés en dedans de la platine *L L*; *Q* le pont du rouleau qu'il faut ôter de la cage pour démonter le balancier; *e*, *f*, *g*, *i*, la fente faite à la platine *L L*, pour le paſſage du balancier & du rouleau *N*.

272. *l m* eſt la direction & la poſition du chaſſis de compenſation du chaud & du froid : ce chaſſis eſt attaché par deux vis ſur le pont *R*, *m*; *n*, *o*, *p*, eſt le grand levier de compenſation lequel eſt mobile en *o* ſur le pont *R o*. Ce pont eſt attaché en dedans de la platine *A A* des piliers, & le levier *n*, *o*, *p*, mis en cage entre la platine & le pont.

273 Le petit bras *n* du levier agit ſur la tringle du milieu du chaſſis *l m*, & le grand bras *p* agit ſur la vis *q*, portée par la boîte attachée ſur le bras *ſ* du pince-ſpiral *r ſ*. Le pince-ſpiral *r ſ* eſt mis en cage dans le double pont

S T : le bras *r* du pince-ſpiral porte l'index *t* qui marque ſur la portion graduée *v* faite à la platine *L L*, le chemin produit par le chaud & le froid ſur le méchaniſme de compenſation.

V eſt le piton de ſpiral.

Nous n'entrerons pas dans de plus grands détails ſur cette Horloge ; les notions que nous venons de donner ſont ſuffiſantes pour bien entendre les corrections que j'ai faites aux petites Horloges que je décrirai ci-après, chap. X. XI & XII.

Dimenſions.

274. Le chaſſis de compenſation à 37 lig. de longueur, & 18 lig. $\frac{1}{2}$ de largeur ; il eſt compoſé de 16 tringles, 8 d'acier, & 8 de cuivre ; la groſſeur des tringles eſt de 0 lig. $\frac{11}{12}$.

La Montre étant réglée, le balancier peſe 75 grains $\frac{1}{2}$, & décrit 240 degrés ; le ſpiral fait 4 tours $\frac{1}{3}$; ſon diametre 5 lig. $\frac{7}{12}$; longueur 4 pouces 6 lignes, largeur 0 lig. $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$; épaiſſeur au centre $\frac{14}{200}$, lig. au dehors $\frac{13}{200}$; ce reſſort a été calibré ſur l'outil fait à cet uſage ; il eſt trempé, plié, & iſochrone.

La virole a 1 lig. $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

Les reſſorts-moteurs ont deux pieds $\frac{1}{2}$ de longueur, & 7 lig. de largeur.

Ils tirent 6 onces $\frac{5}{8}$.

La roue de fuſée fait un tour en 4 heures ; elle contient 7 tours $\frac{1}{2}$ de chaîne.

Le tambour a 36 lig. de hauteur ; ſon diametre en dedans eſt de 40 lig.

Pivots, *N*° 1.

De fuſée du côté du quarré, 1 lig. $\frac{2}{12}$.
Roue de minute 0 $\frac{21}{48}$ lig.
De champ 0 $\frac{12}{48}$ lig.

De ſecondes o lig. $\frac{8}{48}$, d'en-bas o $\frac{6}{48}$ lig.
D'échappement o $\frac{4}{48}$ lig.
De balancier o $\frac{14}{48}$ lig.
De rouleaux o $\frac{6}{48}$ lig.
Les rouleaux ont 14 lig. de diametre.

CHAPITRE X.

Horloge à Longitude, No XXVII.

275. LA conſtruction de la Montre à Longitude, N° 1, que je viens de décrire, m'ayant paru fort avantageuſe, je me ſuis appliqué à la ſimplifier ; voici les corrections qui m'ont paru néceſſaires, & d'après leſquelles j'ai conſtruit les Montres à Longitude, n° XXVII, XXVIII, &c.

276. 1°. D'employer un ſeul reſſort-moteur & de force convenable pour n'être jamais dans un état forcé ; car dans l'Horloge n° 1, quoiqu'il y ait deux reſſorts, toute leur force eſt employée, enſorte qu'il ne reſte, lorſque la Montre eſt montée, qu'un demi-tour au haut, ce qui expoſe les reſſorts à caſſer ou à ſe rendre.

277. 2°. De diminuer le travail du rouage qui eſt trop conſidérable, lorſque les heures, les minutes & les ſecondes ſont concentriques, & de ſubſtituer la diſpoſition de mes Horloges Marines : d'ailleurs l'aiguille des ſecondes, en paſſant ſur le quarré de remontoir, eſt expoſée à être dérangée.

278. 3°, De réduire à un travail plus ſimple les cinq cages, dont la Montre à Longitude, n° 1, eſt compoſée.

279. 4°. De ſimplifier auſſi le méchaniſme de compenſation, en employant une lame compoſée, au lieu du chaſſis,

Description de l'Horloge à Longitude, N° XXVII (a).

280. Le balancier de cette petite Horloge fait 6 vibrations par seconde ; il est horisontal & suspendu par un ressort : l'échappement est celui à vibrations libres ; l'aiguille des secondes fait trois battements par seconde : la compensation par une lame composée.

281. J'ai employé 3 cadrans, le premier pour marquer les heures, le second, les minutes, & le troisieme les secondes. Le mouvement est placé dans un tambour qui est supporté par une suspension, pour conserver la position horisontale ; cette suspension est placée dans une boîte qui garantit l'Horloge de la poussiere, &c.

282. Le mouvement de cette petite Horloge est composé de trois platines de même grandeur ; les deux premieres forment la cage du rouage ; la deuxieme & la troisieme, celle du Régulateur : il y a de plus deux petites platines qui forment les cages des rouleaux.

Planche II.

283. La fig. 3 représente le profil de l'Horloge ; *A A*, est la platine-cadran ; elle porte quatre piliers qui s'assemblent avec la platine *B B*, pour former la cage du rouage ; la troisieme platine *C C*, porte trois piliers qui s'assemblent avec celle *B B* ; cette seconde cage forme celle du Régulateur : la petite platine *D D*, porte trois piliers qui s'assemblent avec la platine *B B* : cette petite cage contient les trois rouleaux supérieurs, entre lesquels l'axe de balancier tourne : la petite platine *E E*, porte de même trois piliers qui, assemblés avec la platine *C C*, forment la cage des trois rouleaux inférieurs de l'axe de balancier.

284. La roue de fusée *F*, porte le pignon de renvoi *a*,

(a) J'ai exécuté cinq Horloges sur le même plan, N° 27, 28, 29, 30 & 31. Elles furent commencées en 1768, & terminées en 1782.

qui conduit la roue des heures *G*; l'axe prolongé *b*, de cette roue porte l'aiguille des heures; *c* eſt le quarré de fuſée, & *d* le crochet de fuſée. La roue de fuſée *F*, engrene dans le pignon de minute *e*, dont l'axe prolongé *f*, porte l'aiguille de minute; *H*, eſt la roue de minute, elle engrene dans le pignon *g* de la roue moyenne *I*; celle-ci engrene dans le pignon *h*, qui porte la roue de ſecondes *K*; le pivot prolongé *i*, porte l'aiguille de ſecondes; la roue de ſecondes *h*, engrene dans le pignon *l* de la roue d'échappement *L*, qui communique ſon mouvement au cercle d'échappement *m*, porté par l'axe du balancier *M M* : l'autre bout de l'axe de balancier porte le ſpiral *N*, placé en dehors des rouleaux : 7, 2, 3 ſont les trois rouleaux, entre leſquels paſſe l'axe de balancier; c'eſt ſur ce bout prolongé de l'axe que le cercle d'échappement *m* eſt attaché en dehors des rouleaux; 4, 5, 6 ſont les trois rouleaux inférieurs; entre leſquels paſſe le pivot inférieur de l'axe de balancier; le bout prolongé de ce pivot porte le ſpiral *N*.

285. La fig. 6 repréſente la lame compoſée d'acier & de cuivre pour la correction des effets de la température; ſur le bout *a* eſt fixé par deux vis, un rubis ſur lequel doit agir le bout de la vis de la boîte du pince-ſpiral, comme on le voit dans la fig. 5.

286. *A A*, fig. 4, repréſente le dehors de la platine-cadran: ſur cette platine ſont rivés les quatre piliers 1, 2, 3, 4; *B*, eſt le barillet; *C*, la roue des heures; *a* le pignon de renvoi, qui porté par la roue de fuſée *F*, conduit la roue des heures; *e* le pignon de minute, *H*, ſa roue; *g* le pignon de la roue moyenne, *I*; *h*, le pignon de ſecondes, *K*, ſa roue; *l* le pignon de la roue d'échappement, & *L*, cette roue; *m* le cercle d'échappement.

287. *P Q R*, ſont les cadrans des heures, des minutes, & des ſecondes, attachés chacun par une vis & un pied ſur la platine-cadran *A A*.

288. *n*, eſt le plot du garde-chaîne, *n o* le garde chaîne, & *d* le crochet de fuſée.

298

289. *P q r*, eſt le *reſſort-détente* de l'échappement ; *r ſ t* le *reſſort-levée* porté par le cercle d'échappement *m* ; *M m*, le pont de ſuſpenſion ; *N l*, le pont de la roue d'échappement.

290. *5*, *6*, 7, ſont les pivots des piliers de la cage du Régulateur ; 8, 9, 10, les pivots des piliers de la cage des rouleaux.

291. *C C*, fig. 5, repréſente le dehors de la troiſieme platine qui forme la cage du Régulateur ; c'eſt cette platine (vue fig. 3.) qui porte les trois piliers 5, 6, 7 ; *E E*, eſt la platine des rouleaux ; 8, 9, 10, les piliers portés par cette platine ; *M M* le balancier ; *a*, *b*, *c*, les rouleaux ; *A* le pont de la lame compoſée *d e* ; cette lame eſt fixée en *d* ſur le pont *A*, par deux vis & par une plaque de preſſion *f*, ce qui forme une mâchoire qui fixe le bout de la lame ; le bout *e* de la lame eſt le même vû en *e*, fig. *6*, & lequel porte le rubis. La vis *g*, (fig. 5), de la boîte de compenſation agit ſur le rubis porté par la lame *de* : *g i l* eſt le pince-ſpiral mobile en *l* ſur le pont *D* : *m* eſt la boîte du pince-ſpiral.

Dimenſion de l'Horloge à Longitude, N°. XXVII.

292. Roue de fuſée 80 dents ; ſon diametre 12 lig. $\frac{9}{12}$; engrenne, dans un pignon, 20, dont le diametre eſt de 3 lig. $\frac{3\frac{1}{3}}{12}$; épaiſſeur de la Roue, $\frac{28}{48}$.

Pignon de renvoi des heures, 24 dents ; diametre, 4 lig. $\frac{1}{12}$.

Roue des heures, 72 dents ; diametre, 11 lig. $\frac{7}{12}$; épaiſſeur $\frac{15}{48}$.

Roue de minute, 128 dents ; diametre, 13 lig. $\frac{2}{12}$; épaiſſeur $\frac{19\frac{1}{2}}{48}$, elle engrene dans un pignon de 16 dents, dont le diametre eſt de 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Roue de champ, 120 ; diametre, 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$; ſon épaiſſeur $\frac{15}{48}$; engrene dans le pignon de ſecondes de 16 dents, diametre, 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Roue de secondes, 120; diametre, 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$; son épaisseur $\frac{10}{48}$; engrene dans le pignon d'échappement de 12 dents, diametre 1 lig. $\frac{3\frac{1}{4}}{12}$.

Roue d'échappement, 18 dents; diametre 9 lignes, épaisseur, $\frac{8}{48}$.

36 vibrations × par 10 = 360 vibrations par seconde, = 21600 par heure.

Balancier, 22 lig. $\frac{0}{12}$ de diametre.

Axe de balancier $\frac{8}{12}$.

Pivot, $\frac{16}{48}$.

Pese seul, sans l'axe, 60 grains.

Cercle d'échappement tout fini, 3 lig. $\frac{5}{12}$, comme dans le Plan.

Détente d'échappement $\frac{8}{8}$ d'épaisseur, & $\frac{8}{48}$ de largeur.

Les arcs décrits par le balancier, avec la force de 5 onces $\frac{1}{2}$ sont de 115.

La détente d'échappement toute finie, pese avec la tige 1 grain $\frac{1}{4}$.

Les rouleaux ont 12 lig. de diametre.

Le rochet auxiliaire de la fusée a 12 lig. $\frac{9}{12}$ de diametre & 72 dents; son épaisseur, $\frac{23}{48}$.

Le rochet d'encliquetage de la fusée a 41 dents, & 9 lig. $\frac{2}{12}$ de diametre.

Le pivot de la fusée, du côté du quarré, a 1 lig. $\frac{4}{12}$ de diametre.

Le pivot de minute, 0 lig. $\frac{24}{48}$.

De champ, $\frac{13}{48}$.

De secondes, portant l'aiguille, $\frac{10}{48}$.

L'autre pivôt de la même roue $\frac{8}{48}$.

Pivot de la roue d'échappement, $\frac{4\frac{1}{2}}{48}$.

De détente d'échappement, $\frac{4}{48}$.

De la palette d'échappement, $\frac{3}{48}$.

Pivots des rouleaux, $\frac{5}{48}$.

Pivots de balancier, $\frac{14}{48}$.

Le ſpiral eſt calibré & trempé plié ; il a d'épaiſſeur au centre $\frac{12}{200}$; au dehors $\frac{11}{200}$; ſa largeur $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$: il fait 4 tours $\frac{1}{3}$.

Le pont de ſuſpenſion du balancier a 13 lignes $\frac{7}{12}$ de hauteur.

Épaiſſeur de la patte & de la colonne, $\frac{9\frac{1}{2}}{12}$.

Reſſort moteur.

Fait 8 tours.

Sa longueur, 6 pieds 2 pouces $\frac{1}{2}$.

Sa largeur, 8 lig. $\frac{4}{12}$.

Épaiſſeur au dehors, $\frac{34}{200}$.

Au dedans, $\frac{30}{200}$.

Il tire 5 onces $\frac{1}{7}$ du levier, à un tour de bande.

Le barillet a 20 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre en dedans ; en dehors 21 lig. $\frac{1}{2}$; hauteur en dedans, 8 lig. $\frac{8}{12}$.

La fuſée a 11 lig, $\frac{4}{12}$ de diametre à la baſe ; au ſommet, 6 lignes.

Hauteur de la fuſée, 7 lig. $\frac{1}{12}$, fait 8 tours $\frac{1}{2}$, ou contient 8 tours $\frac{1}{2}$ de corde.

CHAPITRE XI.

De la construction d'une petite Horloge à Longitude, horisontale, le balancier sans suspension, Horloge N° 36.

293. TOUTES les Horloges & les Montres à Longitude que j'ai décrites ci-devant, ont été construites pour avoir constamment la position horisontale (*a*), au moyen de la suspension, afin que le balancier étant suspendu par un ressort, ait moins de frottement & soit plus pesant : mais cette disposition entraine après elle un travail assez considérable, ensorte qu'il ne m'a pas paru possible de rendre ces machines d'un usage général, & sur-tout d'en réduire la dépense pour mettre leur prix à la portée des Officiers des vaisseaux marchands : je me suis donc occupé de nouveau des moyens de réduire le travail des Horloges à Longitudes, & j'espere enfin être parvenu à ce but. La construction même de ma premiere Montre Marine, désignée par N° 3, éprouvée en 1764, m'en présente les moyens ; car diverses épreuves que j'ai faites avec cette machine, m'assurent qu'étant perfectionnée, elle pourroit donner beaucoup de justesse, sans qu'elle eût de suspension, & le balancier roulant sur sa pointe : je vais proposer le moyen de la simplifier, en la rendant d'une exactitude sûre.

Disposition à donner au Régulateur d'une petite Horloge à Longitude, pour n'employer que trois rouleaux.

294. L'application des rouleaux pour la réduction des frottements des pivots du balancier, est un très-bon moyen;

(*a*) A l'exception de ma premiere Montre Marine, ou N° 3.

mais il entraine un travail si considérable, qu'il est bien difficile de pouvoir faire des Horloges à Longitude pour les vaisseaux marchands, en employant six rouleaux & le balancier suspendu par un ressort : j'ai cherché depuis long-tems les moyens de réduire le travail de ces machines, sans avoir pu encore arriver au but que je me proposois; enfin toujours tourmenté du désir de faire de bonnes Horloges à moindres frais, pour servir à la marine marchande, je pense qu'il est possible de n'employer que trois rouleaux ; pour cet effet, il faut disposer l'effort du balancier & du spiral, de sorte que la pression ou action s'exerce presque en entier sur le pivot du balancier qui tourne entre ces trois rouleaux, & que l'autre pivot de l'axe soit assez éloigné du balancier & du pivot qui tourne entre les rouleaux, pour ne recevoir qu'une très-petite pression ; je place en conséquence le balancier en dedans des rouleaux, & fort près d'eux, & le spiral en dehors des rouleaux & de même fort près d'eux; l'échappement doit par les mêmes motifs, être placé le plus près possible du balancier, & par conséquent des rouleaux; & je prolonge & fais passer au contraire l'axe de balancier qui porte le pivot, pour tourner dans un trou jusques au dehors de la platine-cadran. Par ce moyen, le pivot de ce bout de l'axe pourra être d'un petit diametre, puisqu'il ne sera pas chargé ; il ne servira en quelque sorte qu'à maintenir l'axe : en un mot, il faut, autant que cela se pourra, que toute l'action du régulateur s'exerce sur le pivot supporté par les rouleaux. Maintenant, pour que la réunion de la puissance exercée sur les pivots des rouleaux, ne puisse devenir nuisible, il faut que les rouleaux soient du plus grand diametre, qu'ils soient légers & leurs pivots petits; mais pour mieux diminuer l'effet des frottements, il faut proportionner la puissance du régulateur à la quantité que les pivots de rouleaux peuvent supporter, sans fatiguer leurs trous.

Mon intention, en composant la petite Horloge n° 36, a été de la rendre d'une justesse constante, en employant les moyens les plus simples, ensorte qu'elle puisse servir

aux Officiers des vaisseaux du Roi & à la Marine marchande : c'est pour remplir ce double objet, que je supprime la suspension de l'Horloge & la suspension du balancier.

295. Je supplée à ces deux suspensions, 1°, pour la suspension de l'Horloge, en plaçant à la circonférence du balancier quatre petites masses, pour régler facilement l'Horloge dans les différentes positions (a) ; ensorte que lorsque le vaisseau, par ses diverses inclinaisons, change la position horisontale de l'Horloge, sa marche n'en soit cependant pas affectée.

296. 2°, pour la suspension du balancier, elle est suppléée en faisant porter la pointe de l'axe du balancier sur un Diamant : pour cet effet, j'emploie des vibrations promptes, 6 par secondes, ce qui produit le double avantage de rendre l'Horloge moins susceptible des agitations du vaisseau, & d'avoir un balancier qui, quoique léger, a cependant une grande puissance, & dont la pression sur la pointe ne cause pas un frottement qui puisse devenir nuisible : car je dois observer ici qu'ayant fait des tentatives pour ma premiere Horloge Marine, dont j'avois d'abord fait rouler le balancier sur sa pointe, j'ai éprouvé que cette pointe ne s'est émoussée que par le trop de pesanteur du balancier qui pesoit 3 livres 9 onces 6 gros, (voy. Essai sur l'Horloge n° 2100 : 2139), mais ici un tel effet ne peut avoir lieu.

Petite Horloge à Longitude à ressort, N° 36.

297. Je donne enfin ici la construction d'une petite Horloge à Longitude à ressort, qui me paroît réunir tous les avantages désirables, & devoir remplir tous les usages qu'on

(a) Ces masses du balancier ; sont placées à angles droits : deux sont dans la verticale (lorsque le balancier est arrêté), & les deux autres dans la ligne horisontale : on peut augmenter ou diminuer à volonté le poids de ces masses, sans démonter le balancier, & régler par ce moyen l'Horloge facilement par ses diverses positions. Si les vis de ces masses étoient ajustés dans un trou qui fit ressort comme ceux de N° 8, *Traité des Horloges*, N° 934, on régleroit la Montre par ses diverses positions, en approchant, ou en écartant ces masses du centre du balancier ; mais dans une petite machine, telle que N° 36, il vaut mieux que ces masses soient fixes.

en exige pour la navigation. Cette machine est réduite à un très-petit Volume, & est portative comme une Montre : & comme une Montre, elle n'a pas de suspension ; le balancier n'a pas non plus de suspension : son exécution est facile & sa construction la plus simple, & cependant j'ai lieu de croire qu'elle doit donner toute la justesse requise, fondée sur la nature des principes qui lui servent de base : c'est d'après les observations rapportées ci-devant n°. 294 & suiv. que j'ai construit & exécuté cette petite Horloge, laquelle est actuellement en mer. Je donnerai ci-après le résultat de sa marche, lorsque cette Horloge, n° 36, sera de retour.

Description de l'Horloge, N° 36.

Planche III, fig. 1, 2, 3.

298. Cette Horloge est à ressort égalisé par une fusée ; le balancier fait 6 vibrations par secondes, il est horisontal, la pointe de son axe roule sur un diamant : l'échappement est celui à vibrations libres à détente ; l'aiguille des secondes fait 3 battements par secondes ; la compensation par une lame composée ; j'ai aussi appliqué à cet Horloge mon compensateur isochrone. Les heures, les minutes & les secondes ont chacune leur cadran particulier.

299. Le mouvement est placé dans un tambour, & celui-ci dans une boîte, & sans être suspendu.

300. La position de cette machine est l'horisontale ; mais cette position varie dans le vaisseau selon ses inclinaisons ; elle est reglée en conséquence d'après les observations, n°. 295.

301. Le mouvement est composé de deux platines, ayant chacune 35 lig. de diametre, qui forment la cage du rouage, & de deux petites platines de 24 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, lesquelles s'assemblent avec la deuxieme platine du rouage, au moyen de trois piliers à double base, ce qui forme deux

petites cages, l'une pour le balancier, & l'autre pour les trois rouleaux.

Planche III.

302. La fig. 1 repréſente le profil du mouvement; *A A* eſt la platine-cadran, elle porte quatre piliers qui s'aſſemblent avec la platine *B B*, pour former la cage du rouage; la quatrieme platine *C C*, porte trois piliers à double baſe qui s'aſſemblent avec celle *B B*; la troiſieme platine *D D*, eſt montée ſur la ſeconde baſe des petits piliers *E*; ces deux petites cages contiennent le balancier & les rouleaux.

303. La roue de fuſée *F* porte à ſon centre le pignon de renvoi *a*, qui conduit la roue des heures *G*; l'axe prolongé *b* de cette roue porte l'aiguille des heures; *c* eſt le quarré de fuſée, & *d* le crochet de fuſée. La roue de fuſée *F* engrene dans le pignon de minute *e*, dont le pivot prolongé *f* porte l'aiguille de minute : *H* eſt la roue de minute, laquelle engrene dans le pignon *g* de la roue moyenne *I*; celle-ci engrene dans le pignon *h*, qui porte la roue de ſecondes *K*, dont le pignon prolongé *i* porte l'aiguille de ſecondes. La roue de ſecondes *K* engrene dans le pignon *l* de la roue d'échappement *L*, laquelle communique ſon mouvement au cercle d'échappement *m*, porté par l'axe *O m N r* du balancier *M M* : le bout inférieur *p q r* de l'axe porte en *p* le pivot, qui roule entre les trois rouleaux 1, 2, 3; & au deſſous, cet axe porte la virole *q*, ſur laquelle eſt fixé le ſpiral : au deſſous de la virole en *r* doit être attaché le cercle excentrique du compenſateur; le bout inférieur *r* de l'axe de balancier eſt terminé en pointe, & tourne ſur un diamant porté par la partie *Y* du pont *V Y*; ce pont eſt celui qui porte le pince-ſpiral *t x*, dont l'axe eſt mobile ſur deux pivots mis en cage ſur le pont *V Y z*; l'axe *ſ* du pince-ſpiral porte le bras ponctué *y*, qui va appuyer ſur la vis portée en *y* par le bout de la lame de compenſation *S T y*.

Cette

Cette lame eſt fixée ſur le pont *R S* au moyen d'une machoire preſſée par les vis 4, 5, dont on ne voit ici que les bouts; le pont *R S* eſt lui-même attaché à la platine *B B* par deux vis & deux pieds, comme on le voit fig. 3 : *z* eſt le bout d'un petit pont, lequel porte un reſſort qui va agir auprès de l'axe du pince-ſpiral ſur le bras *x*; *v* eſt le pont du rouleau 1, lequel ſe démonte lorſque l'on veut démonter l'axe de balancier.

304. Le cercle d'échappement *m* porte le *reſſort-levée* d'échappement; ce reſſort porte une cheville *o*, qui agit ſur le bout *o* de la détente d'échappement *n o*, dont le bras ou talon *n* ſuſpend l'action de la roue d'échappement, pendant que le balancier oſcille librement; le pont de la détente *n o* n'eſt pas ici repréſenté: l'axe 6 en indique l'élévation.

305. Le bout ſupérieur *O* de l'axe de balancier porte un pivot qui roule dans un trou du pont *O P*.

306. *A A*, fig. 2, repréſente le dehors de la platine-cadran; ſur cette platine ſont rivés les piliers 1, 2, 3, 4; *B* eſt le barillet; *C* le rochet d'encliquetage du barillet: cet encliquetage eſt placé au dehors de la platine-cadran *A A*; ſur le même côté de cette platine ſont placés le cadran *O* des heures, celui *M* de minutes, & celui *S* de ſecondes: *G* eſt la roue des heures; *a* le pignon porté par le centre de la roue de fuſée *F*; ce pignon *a* conduit la roue des heures: *e* eſt le pignon de minute; *H* la roue de minute; *g* le pignon dont l'axe porte la roue moyenne *I*: *h* le pignon de ſecondes, & *K* ſa roue; *l* le pignon de la roue d'échappement *L*; *Q l* le pont de cette roue; *m* le cercle d'échappement; *o n* la détente d'échappement, & *ſ* ſon pont; *m p q* le *reſſort-levée* d'échappement porté par le cercle *m*: *P o* le pont du pivot ſupérieur du balancier; *r* le reſſort de la détente *o n*.

307. *f* eſt le plot du garde-chaîne; *f d* la direction du garde-chaîne & *d* le crochet de fuſée: *E* le cliquet du rochet auxiliaire *N*; *R* eſt le rochet d'encliquetage de la fuſée: *D h* le pont de précaution qui garantit la roue de ſe-

M

condes, lorſqu'on remonte le mouvement : 5, 6, 7, les bouts des pivots de la cage du balancier & des rouleaux.

308. *B B*, fig. 3, repréſente le dehors de la ſeconde platine du rouage : 4, 5, 6, 7, les pivots des piliers de la cage du rouage ; *C C* eſt la platine ſur laquelle ſont rivés les trois piliers 8, 9, 10, à double baſe, pour former la cage du balancier & celle des rouleaux ; *M M* eſt le balancier ; 1, 2, 3, les rouleaux ; *v* la barette ou pont du rouleau qui doit ſe démonter pour démonter le balancier ; pour cet effet, les deux petites platines doivent être fendues depuis le centre *V*, ſelon la direction *v*, *V*, 6.

309. *A* eſt le pont de la lame de compenſation ; ce pont porte en *d* une plaque qui ſert de mâchoire pour fixer cette lame *S T z* : le bout *T* de la lame de compenſation porte une vis *z*, dont le bout agit ſur le bras *y* du pince-ſpiral *x y* : la vis *z* ſert à former la compenſation par l'action de la lame, & en même-temps on regle par le moyen de cette vis l'Horloge au plus près.

V Y eſt le pont du pince-ſpiral ; *E* eſt un pont coudé en dedans de la cage des rouleaux, pour porter le piton *F* du ſpiral.

310. *H* eſt le rouleau du compenſateur ; *H L* ſa chappe, *l m* le reſſort ; *K* le pont à mâchoire qui porte le reſſort-compenſateur. Ce pont eſt attaché par deux vis à la platine *B B* ; la chappe & le rouleau ſont élevés à la hauteur requiſe, pour paſſer entre la platine *C C*, & le deſſous du bout *v* du pont du pince-ſpiral, ainſi qu'au deſſous de la lame ; cette élévation eſt indiquée en *r*, fig. 1 du profil : le pont *K* peut tourner ſur le centre de la vis *p*, au moyen de l'ouverture allongée de la vis *q* faite à ce pont : ce mouvement ſert à augmenter ou à diminuer la bande du reſſort-compenſateur *l m* ; c'eſt un moyen d'arriver à l'iſochroniſme, voy. ci-devant (n° 10) ; l'index *r* du pont *K* ſert à faire connoître la quantité dont on change la bande du reſſort, au moyen de la graduation faite à la platine *B B*.

Dimensions du Régulateur.

311. Le balancier a 20 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre ; il pese 27 grains, fait 6 vibrations par secondes.

La pointe de l'axe de balancier est fort dure, elle tourne sur un diamant.

Le spiral a 5 pouces de longueur.

Sa largeur demi-ligne.

Épaisseur au centre 0 lig. $\frac{11}{200}$, au dehors $\frac{10}{200}$, il fait 5 tours $\frac{1}{3}$, ce spiral est isochrone.

Dimensions du moteur.

Le barillet à 13 lignes de diametre en dedans, sa hauteur 6 lig. $\frac{3}{4}$.

Largeur du ressort, 6 lig. $\frac{1}{2}$.

Le ressort fait 7 tours $\frac{1}{2}$: il reste deux tours $\frac{1}{2}$ au haut, *de vuide.*

La fusée tire au levier 3 onces $\frac{3}{4}$, à demi-tour de bande.

La fusée a 7 tours $\frac{1}{2}$ de corde ; son diametre à la base, 11 lig. $\frac{1}{12}$, & 5 lig. $\frac{1}{2}$ au sommet.

Pivot de l'arbre du barillet, 2 lig. $\frac{1}{12}$.

Pivot quarré, 1 lig. $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$.

Dimensions du rouage.

Roue de fusée, 80 dents ; diametre, 12 lig. $\frac{2}{12}$, engrene dans le pignon 20 de roue de minute, lequel a 3 lig $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre.

Epaisseur de la roue, $\frac{24}{48}$.

Pignon de renvoi des heures, 24 dents.

Son diametre, 4 lig. $\frac{1}{12}$.

Roue des heures, 72 dents ; diametre, 11 lig. $\frac{7}{12}$.

Épaisseur, $\frac{14}{48}$.

Roue de minute, 128 dents; son diametre, 13 lig. $\frac{2}{12}$; épaisseur, $\frac{19}{48}$.

Engrene dans le pignon 16 de la roue moyenne, dont le diametre est 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Roue moyenne, 120 dents; diametre, 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$; épaisseur $\frac{14}{48}$, engrene dans le pignon 16 de la roue de secondes: diametre du pignon 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Roue de secondes, 120; diametre, 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$.

Épaisseur $\frac{10}{48}$, engrene dans le pignon 12 de la roue d'échappement; ce pignon a 1 lig. $\frac{3\frac{1}{4}}{12}$ de diametre.

Roue d'échappement, 18 dents: diametre; 9 lig. épaisseur, $\frac{8}{48}$.

Cercle d'échappement, 3 lig. $\frac{5}{12}$ de diametre.

Les trois rouleaux ont 12 lig. de diametre; épaisseur $\frac{8}{48}$, pivots, $\frac{4}{48}$.

Le rochet auxiliaire de la fusée a 72 dents, diametre 12 lig. $\frac{9}{12}$, épaisseur, $\frac{22}{48}$.

Le rochet d'encliquetage de la fusée a 41 dents, diametre 9 lig. $\frac{2}{12}$, épaisseur, $\frac{24}{48}$.

Rochet d'encliquetage du barillet 6 lig. $\frac{1}{2}$, diametre; & 18 dents.

Dimensions des pivots.

Pivots de fusée, 1 lig. $\frac{4}{12}$.
De minute o lig. $\frac{16}{84}$.
Des heures $\frac{17}{48}$.
Moyenne, $\frac{21}{48}$.
De secondes, $\frac{9}{48}$.
D'échappement $\frac{4}{48}$; détente, $\frac{9}{48}$.
Rouleaux, $\frac{5}{48}$.
De balancier $\frac{4}{48}$, celui des rouleaux, $\frac{16}{48}$.
Lame composée, $\frac{16}{48}$ d'épaisseur acier & cuivre; longueur en action, 19 lignes; largeur 6 lig. $\frac{1}{2}$.

Cercle excentrique compenſateur, 1 lig. diametre ; le rouleau, 6 lignes, ſes pivots, $\frac{3}{48}$.

Pivots pince-ſpiral $\frac{5}{48}$; les quarrés portant la boîte & le pince ſpiral $\frac{10}{48}$ d'épaiſſeur.

Le tambour a 38 lig. de diametre en dedans, & 36 lig. de hauteur ſans la batte.

Remarque ſur la petite Horloge, N° 36.

Il ſera toujours préférable d'employer une ſuſpenſion aux petites Horloges à Longitude.

312. On peut, à force de ſoins & de travail, régler une Montre à Longitude par les diverſes poſitions, & nous en avons donné les moyens ; mais on ne ſera jamais certain que cet état de perfection dure long-temps ; il peut-être troublé par les changements qui arrivent dans les frottements & dans l'état des huiles, & par le balancier lui-même, dont le plus petit atôme peut troubler l'équilibre ; ce ſont ces conſidérations qui paroiſſent rendre la ſuſpenſion de l'Horloge ou de la Montre abſolument indiſpenſable : & dans une petite machine, cette ſuſpenſion n'eſt pas d'un grand prix, & elle ne peut-être embaraſſante : d'ailleurs, par ſon moyen, on évite un long travail, celui de régler la Montre par ſes diverſes poſitions, en même-tems qu'elle aſſure la juſteſſe conſtante de la machine.

Les obſervations que je viens de faire m'ont décidé à ajouter une ſuſpenſion à l'Horloge n° 36, auſſitôt qu'elle ſera de retour : voici la diſpoſition de cette ſuſpenſion, qui eſt celle de la petite Horloge n° 1, décrite Chap. IX.

Description de la suspension des petites Horloges à Longitude, à ressort.

Planche VI, *fig.* 1.

313. La figure 1, Planche VI, représente la suspension de mes petites Horloges à Longitude à ressort; *A*, *B*, *C*, est le pied formé par trois branches, lequel s'attache par trois vis au fond de la caisse qui doit renfermer l'Horloge : cette caisse est faite de bois de noyer.

314. Sur le corps *D* du pied, qui est de cuivre fondu, est fixé le demi-cercle *D*, *E*, *F*, dont les extrémités *E* & *F* portent chacune une vis d'acier trempé, dont le bout terminé en pivot entre dans un trou fait au cercle de suspension *G H*; chaque vis *a* & *b* a un écrou qui sert à fixer la vis après son bras, afin qu'étant à son point, elle ne puisse se dévisser par le roulement du cercle autour de sa vis.

315. Le cercle de suspension *G H* porte deux vis semblables à celles dont nous venons de parler. Ces vis *I K* sont placées à angle droit de celles *D* & *F*; les pivots des vis *IK* entrent dans les trous de deux plaques de cuivre fixées sur le tambour *L*, *M*, *N*, *O*, dans lequel est placé le mouvement de l'Horloge; *P Q* est une de ces plaques : l'autre qui est diamétralement opposée ne peut être vue.

316. Le tambour peut donc se mouvoir autour des vis à pivots *I K*, selon le plan des bras *E F* du demi-cercle de suspension, & ce mouvement qui est le plus borné, doit répondre à celui du *tangage* du vaisseau : & pendant ce mouvement le cercle de suspension peut aussi se mouvoir dans un plan perpendiculaire au premier, en tournant sur les vis à pivot *a*, *b*, placés comme nous l'avons dit à angle droit des vis *I K*; ce second mouvement répond à celui du *roulis* du vaisseau; ce sont ces deux mouvements combinés qui

forment la suspension du tambour & par conséquent de l'Horloge, & au moyen de laquelle le plan du cadran *Z* de cette machine conserve constamment la même position horisontale, malgré tous les balancements du vaisseau.

317. Le tambour *L, M, N, O* est fait en cuivre & le fond en est soudé de même que la virole afin d'empêcher le passage du mauvais air extérieur. Sur le fond du tambour est fixé en dessous un cercle *X Y* en plomb, ce qui forme une masse qui sert à ramener le tambour dans la vraie position horisontale.

318. Le demi-cercle *D, E, F* porte en *S* un levier *S T*, qui sert à suspendre le mouvement du tambour pendant le transport de l'Horloge par terre.

Pour cet effet, le levier *S T* porte au milieu *R* de sa longueur, au dessous de la masse du tambour, une pointe conique, qui entre dans un trou de la masse de plomb. Cette pointe conique est terminée par une base ou plaque, qui soutient le tambour; la vis *V* sert à fixer le levier *S T* sur le bras *D E* du demi-cercle; par ce moyen, il arrête solidement le tambour; pour rendre le mouvement au tambour, on écarte le bout *T* du levier, afin que la pointe conique ne puisse plus toucher à la masse de plomb.

Notion d'une petite Horloge à Longitude à ressort, N° 37, réduite d'après N° 36.

319. Depuis que l'on a reconnu la possibilité de construire des Horloges à Longitude, & que leur usage s'est introduit dans la Marine, la plupart des Navigateurs ont paru désirer que ces machines fussent réduites à un plus petit volume; plusieurs mêmes voudroient qu'elles fussent assez petites, pour être portées dans la poche (a): je me suis prê-

(a) On peut voir dans l'introduction à cet Ouvrage, les motifs qui me portent à exclure l'usage des Montres de poche, pour la détermination des Longitudes à la mer.

té autant qu'il eſt poſſible, à ſatisfaire les Obſervateurs qui ſe ſervent d'Horloge à Longitude, & cet Ouvrage en eſt la preuve ; & c'eſt en ſuivant les mêmes vues que je me ſuis appliqué de nouveau à réduire encore le volume de ma petite Horloge nº 36, & que j'ai conſtruit l'Horloge nº 37, que je vais exécuter. Nous allons donner ici une idée de cette nouvelle Horloge & de ſes dimenſions ; mais nous ne pouvons y joindre des figures ;] cet Ouvrage en ayant déja un trop grand nombre : d'ailleurs le Plan de nº 36 en repréſente la diſpoſition.

320. Après avoir établi la néceſſité d'employer une ſuſpenſion pour l'Horloge nº 36 (voy. nº 312,) j'ai vu, en examinant de nouveau cette machine, qu'il n'eſt pas néceſſaire que le balancier faſſe 6 vibrations par ſecondes. Il eſt préférable de faire battre 4 vibrations par ſecondes; 1º, l'échappement s'exécutera plus facilement & plus sûrement; il peut être à *détente - reſſort* & *levée - reſſort*, & par-là il eſt beaucoup plus ſimple : 2º, l'aiguille battra les demi-ſecondes, ce qui eſt plus commode pour l'Obſervateur : 3º, la force-motrice, en employant des vibrations plus lentes, en devient plus petite ; enfin, d'après ces diverſes obſervations, la grandeur des roues doit être diminuée, & par conſéquent le volume de l'Horloge en devient plus petit, & il en réſulte qu'ayant des roues plus petites, elles en ſont plus légères ; les pivots peuvent-être plus petits, & par conſéquent les frottements en ſeront diminués, & c'eſt particulièrement les frottements des pivots du rouage qui affectent l'étendue des vibrations du balancier, ſoit par le froid, ou par le propre épaiſſiſſement des huiles miſes à ces pivots, lequel ſe fait à la longue, à meſure que l'Horloge marche.

C'eſt d'après les obſervations que nous venons d'expoſer, que j'ai tracé le plan de nº 37, à l'exécution de laquelle je travaille.

Dimenſions

Dimensions de la petite Horloge à Longitude, N° 37.

321. Cette Horloge est composée de quatre platines (*a*) de même que n° 36; mais ces platines sont toutes de la même grandeur, sçavoir 30 lig.

322. Le balancier a 21 lig. de diametre ; il doit peser 50 grains, & battre quatre vibrations par secondes ; la pointe de son axe roule sur un diamant, ainsi il ne faut pas de ressort pour le suspendre.

323. Le barillet a 11 lig $\frac{8}{12}$ de diametre, mesuré en dehors de la virole, sa hauteur doit être de 7 lignes ; le ressort doit tirer 3 onces du levier qui a quatre pouces de rayon.

324. La roue de fusée a 100 dents & 12 lig. $\frac{1}{4}$ de diametre ; le pignon de minute dans lequel elle engrene a 20 dents & 2 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre ; ainsi la roue de fusée fait un tour en 5 heures : il faut donc 6 tours de corde ou de chaîne, pour que la Montre marche 30 heures, sans être remontée.

325. La roue de fusée porte à son centre le pignon de renvoi des heures : ce pignon a 35 dents & 4 lig. $\frac{7}{12}$ de diametre.

La roue des heures a 84 dents & 10 lig. $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

326. La roue de minute a 128 dents & 12 lignes de diametre ; elle engrene dans le pignon de la roue moyenne ; ce pignon a 16 dents & 1 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

327. La roue moyenne a 120 dents & 11 lig. $\frac{3}{12}$ de

(*a*) Je me propose même de n'employer que trois platines de même grandeur ; les trois rouleaux seront mis en cage sous la 3e platine, par des ponts, de la même maniere qu'on le voit Planche VI, fig. 3 & 4. Voy. la description de cette Horloge à poids, Chapitre XVI ; par cette disposition on n'a pas besoin de fendre les platines pour démonter le rouleau & le balancier, & j'en trouve l'exécution plus simple & plus facile.

diametre; elle engrene dans le pignon de secondes : ce pignon a 16 dents & 1 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

328. La roue de secondes a 120 dents & 11 lig. $\frac{3}{12}$ de diametre; elle engrene dans le pignon de la roue d'échappement; ce pignon a 16 dents & 1 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

329. La roue d'échappement a 8 lig. de diametre & 16 dents.

330. L'échappement est à vibrations libres, à *ressort-détente* & *ressort-levée*, tel qu'il est décrit chap. IV, (n° *69*).

331. Les rouleaux ont 10 lig. de diametre.

332. La compensation à lame composée comme dans l'Horloge n° *36*; voy. Planche III, fig. 1 & 3.

333. Je ne donnerai pas de plus grands détails sur cette petite Horloge, dont la construction est la même que celle de n° *36*, à laquelle je renvoie, & dont n° 37 ne differe que par le balancier qui fait quatre vibrations par secondes, au lieu que celui de n° *36* en fait *6*, & par les dimensions du rouage que je viens de donner.

334. Cette Horloge doit être placée dans un tambour porté par une suspension pareille à celle représentée Planche VI, fig. 1.

Description d'une suspension plus simple pour la petite Horloge, N° 37.

Planche VI, *fig.* 5.

335. L'objet principal que j'ai eu en vue dans la construction de l'Horloge n° *36*, a été de la rendre la plus simple possible, & de la réduire au plus petit volume; & c'est par cette raison que je m'étois d'abord proposé de supprimer la suspension de l'Horloge, mais après mûre réflexion j'ai reconnu que la supension étoit d'une nécessité indispensable

(nº 312) & j'ai en conféquence fait graver la fufpenfion, dont j'ai donné la defcription ci-devant (nº 313); cette fufpenfion remplit très-bien fes effets, & je n'y trouve que le défaut d'entraîner trop de travail, & d'exiger une caiffe trop grande; car d'ailleurs elle a l'avantage de pouvoir également fervir dans le vaiffeau étant à la mer, & tenir lieu d'Horloge aftronomique à terre, en la plaçant fur une table ou fur une cheminée : mais comme les Horloges à Longitudes font particuliérement deftinées pour fervir en mer, j'ai cherché les moyens de fimplifier encore la fufpenfion de ces machines, en les réduifant au plus petit volume; & telle eft la fufpenfion que j'ai deffinée pour la petite Horloge nº 37, que je vais décrire.

336. La figure 5, Planche VI, repréfente l'Horloge nº 37, placée horifontalement dans fon tambour, fupportée par fa fufpenfion, & telle qu'elle doit être dans la boîte qui contient l'une & l'autre; *A A* eft la platine cadran : *B B* eft la lunette qui porte la glace ou cryftal. Cette lunette eft portée par la batte à laquelle eft attachée la platine-cadran; & cette batte eft elle-même attachée par quatre vis au tambour qui contient l'Horloge; le tambour eft de même grandeur que la lunette.

337. *C*, eft le cadran des heures fixé au-deffus de la platine-cadran par une vis & deux pieds; *D* eft le cadran des minutes fixé comme celui des heures à la platine-cadran; & *E* eft le cadran de fecondes, également attaché à la platine-cadran par une vis & deux pieds : *F* eft le quarré de fufée qui fert pour remonter le grand reffort-moteur de l'Horloge.

338. *G* & *H* font deux axes fixés fur le tambour & dans une pofition diamétralement oppofée : les bafes de ces axes ou arbres *G*, *H* portent chacune un bout taraudé qui entre dans l'épaiffeur du tambour. Les bouts *a*, *b* de ces arbres font terminés en pivots, lefquels roulent dans les rainures faits au cercle *I I*, lequel eft de cuivre : au moyen de ces

arbres à pivots G, H, le tambour peut se mouvoir autour des points a & b, & ce mouvement doit répondre à celui du *tangage*.

339. Le cercle de suspension II, porte, à angle droit des points a & b, deux arbres à pivots K & L : les bases de ces axes portent des vis qui entrent dans l'épaisseur du cercle de suspension, ce qui les fixe avec ce cercle ; les bouts de ces axes K, L sont terminés en pivots, & ils roulent en c & en d dans les rainures faites aux supports, M & O : les bases N & P de ces supports sont attachées chacune sur un des côtés Q, R, qui représente ici l'épaisseur de la boîte qui contient l'Horloge & sa suspension : les vis 1, 2, 3, 4, sont les vis qui attachent les supports M, N & O, P à cette boîte ; le mouvement du cercle de suspension, & par conséquent du tambour, autour des pivots c, d, répond à celui du *roulis*.

340. Par la disposition que je viens d'indiquer, on voit que j'ai supprimé le demi-cercle & le pied de suspension, & que les supports M, N & O, P, tiennent lieu de ce demi-cercle ; ce moyen est en même-tems plus simple, & il donne moins de hauteur & de largeur à la boîte : car ici la boîte qui contient n° 37, n'a que quatre pouces 3 lig. de largeur & de hauteur en dedans.

341. La boîte qui contient l'Horloge doit porter en dehors une anse ou main, qui servira au transport de cette petite Horloge d'un lieu à l'autre, lorsqu'on veut en faire usage hors du vaisseau.

Remarque sur cette suspension.

342. Dans la fig. 5, qui représente la supension que je viens de décrire, je n'ai pas indiqué les pieces de précaution qui doivent retenir les quatre pivots dans leur rainures ; mais on peut aisément y suppléer par les moyens que je vais indiquer.

343. Premiérement, pour retenir dans leur rainures les deux pivots *c*, *d* portés par le cercle de suspension *I I*, de sorte que par une agitation du vaisseau ces pivots ne puissent sortir de leur place, il faut donner assez de profondeur aux rainures des supports *N* & *O*, pour placer au-dessus de chaque pivot une cheville qui le contienne ; cette cheville doit traverser le support, & être mise assez à force, pour ne pouvoir sortir que lorsqu'on veut la retirer en se servant de pinces à goupilles.

344. Secondement, pour maintenir dans leurs rainures les deux pivots *a* & *b*, portés par le tambour, on peut le faire par un moyen également simple : c'est qu'au lieu de former une rainure pour le pivot *a*, il faut percer un trou tout au bord supérieur du cercle *I I*, ce qui retiendra ce pivot ; & pour le pivot *b*, on le recouvrira par un talon attaché par une vis vers *b* : & lorsque l'on voudra ôter le tambour de dessus sa suspension, il suffira de détourner ce talon, & de dégager le pivot *a* de dedans son trou.

CHAPITRE XII.

De la premiere Montre à Longitude portative.

Il y a vingt-deux ans que je fis le Plan d'une Montre de poche à Longitude, dont le mouvement fut exécuté en *blanc* : (voy. *Introduction au Traité des Horloges Marines*, pag. xxiv : cet ouvrage est resté depuis lors dans le même état, parce que d'autres travaux m'ont occupé, & que d'ailleurs ce mouvement n'étoit pas assez bien fait : enfin, j'ai fait exécuter de nouveau cette machine avec la même construction (à l'échappement près) : voici en gros la disposition & les dimensions de cette Montre (*a*).

(*a*) Cette Montre est terminée depuis 1785 : elle est destinée pour S. A. R. Monseigneur le Prince des Asturies.

345. Elle est composée d'une cage principale, qui contient 1°, le régulateur ou balancier mobile entre six rouleaux, comme dans mes petites Horloges à Longitude ; ces rouleaux sont placés dans deux petites cages contenues dans la grande, comme cela a lieu dans ma Montre Marine, ou n° 3 (décrite *Traité des Horloges*, n° 556) : 2° cette cage contient le barillet, la fusée, la roue des heures, & le cliquet du ressort auxiliaire.

346. Une troisieme platine ou fausse-plaque forme, avec la platine des piliers de la cage régulateur, une seconde cage, dans laquelle est placée la roue de minute, la roue moyenne, la roue de secondes, la roue d'échappement, & l'échappement même. Cette troisieme platine porte trois cadrans excentriques, sçavoir, celui des heures, celui des minutes & celui des secondes.

347. Les trois grandes platines ont juste 24 lig. de diametre, & $\frac{6}{12}$ d'épaisseur.

La hauteur de la cage du régulateur est de quatre lig. formée par quatre piliers.

Les deux petites platines des cages des rouleaux ont 13 lig. de diametre comme le balancier.

La hauteur des piliers, des cages des rouleaux, est de 1 lig. $\frac{3}{12}$; chaque platine porte trois piliers.

Épaisseur des petites platines, $\frac{4}{12}$ lig.

Donc intervalle pour loger le balancier, $\frac{10}{12}$ lig.

Les quatre piliers de la fausse-plaque, ont 3 lig. de hauteur.

348. Le balancier fait 6 vibrations par seconde ; il est reglé par un spiral isochrone, travaillé de la même maniere que ceux de mes petites Horloges à Longitude.

349. J'applique aussi à cette Montre le compensateur isochrone, afin de suppléer à ce qui peut manquer au spiral pour le parfait isochronisme des vibrations d'inégale étendue.

350. L'échappement est celui à vibrations libres, dont la palette & la détente sont suppléées de la maniere que je l'ai décrit ci-devant par une *palette-ressort* & une *détente-ressort*, Voy. n° 69, la description de cet échappement.

351. Pour régler facilement cette Montre dans les différentes positions, j'ai placé quatre petites masses à la circonférence du balancier : on peut diminuer à volonté ces masses, sans démonter le balancier.

352. Les heures sont par renvoi comme dans les petites Horloges à Longitude.

353. La compensation du chaud & du froid se fait par un chassis, de même que dans mes grandes Horloges: ce chassis a 16 tringles.

Description de cette Montre à Longitude, portative.

Planche V, *fig.* 6 & 7.

354. La fig. 6, Planche V, représente le dehors de la platine des piliers de la cage du régulateur & du moteur, sur laquelle est tracé le plan du rouage & de l'échappement de cette Montre. Le dehors de cette platine forme avec la platine-cadran, une cage qui contient l'échappement & une partie du rouage; la platine-cadran porte quatre piliers qui entrent dans les trous 1, 2, 3, 4 de la platine *A A*; 5, 6, 7, 8, marquent la position des quatre piliers de la cage du régulateur & du moteur; ils sont placés en dedans de cette platine *A A*; 9, 10, 11 montrent la position des trois piliers de la cage des rouleaux; ils sont rivés sur une petite platine qui est de la grandeur du balancier; cette platine forme avec le dedans de celle *A A*, la cage des trois rouleaux ponctués *a*, *b*, *c*.

355. *B* est le barillet; *C* la roue des heures; *d* le pignon de renvoi qui conduit cette roue; ce pignon est porté par la roue de fusée; *D*, est la roue de fusée, laquelle engrene dans le pignon *e* de la roue de minute *E*; celle-ci engrene dans le pignon *f* de la roue moyenne *F*; la roue moyenne engrene dans le pignon *g*, qui porte la roue *G* de secondes : celle-ci engrene dans le pignon *h*, qui porte la roue d'échappement *H*; le pivot inférieur de la roue *H*

d'échappement roule dans un trou fait à la platine *A A*, & l'autre dans un pont porté par cette platine : ce pont n'est pas ici représenté.

356. Le barillet *B*, la roue des heures *C*, & la roue de fusée *D*, sont mis en cage, dans la cage du régulateur, au moyen de la platine *A A*, & de celle *B B* fig. 7.

357. La roue de minute *E*, la roue moyenne *F*, & la roue de secondes *G*, sont placées dans la cage du rouage formée par le dehors de la platine *A A*, & de la platine-cadran qui n'est pas ici représenté.

358. *I*, *K*, *L* sont des portions des cadrans des heures, des minutes & des secondes, attachés chacun par une vis & un pied sur la platine-cadran.

359. Le pignon *d* de la roue de minute passe en dedans de la platine *A A* des piliers, pour engrener dans la roue de fusée; le pivot de ce côté du pignon roule dans un trou de la platine *B B*, fig. 7, & l'autre pivot roule dans la platine-cadran; ainsi l'axe de cette roue a toute la hauteur des deux cages du rouage & du régulateur.

360. *M* est le cercle d'échappement porté par l'axe du balancier : le balancier est ici représenté par le cercle ponctué *N N* : sur le cercle d'échappement *M*, est attaché le *ressort-levée* *i*, *k*, *l*, d'échappement ; *l*, *m*, *n* est le *ressort-détente* d'échappement ; voy. Chap. IV, nº 69, la description de cet échappement.

361. *P* est le pont du rouleau *a*, lequel se démonte pour retirer le balancier *p*, *q*, *r*; *S*, la fente faite à la platine *A A*, pour le passage du balancier & du rouleau.

362. *B B*, fig. 7, représente le dehors de la seconde platine de la cage du moteur & du régulateur, sur laquelle est tracé le plan du régulateur & du moteur.

363. 5, 6, 7, 8 sont les bouts des piliers portés par la platine *A A*, fig. 6; le cercle ponctué *A*, fig. 7, indique le barillet : le cercle ponctué *C* la roue des heures, & le cercle ponctué *D* la roue de fusée : le barillet, la fusée & la roue des heures sont mis en cage, comme je l'ai dit, entre la

la platine *A A*, fig. 6, & la platine *B B*, fig. 7 : *E* eſt le rochet d'encliquetage du barillet placé en dehors de la platine *B B*; & *F* eſt le cliquet attaché ſur cette platine.

364. *N N* eſt le balancier; *G*, *H*, *I* les trois rouleaux mis en cage en dedans de la platine *B B*, & de la petite platine *N N* de même grandeur que le balancier; 1, 2, 3 ſont les piliers qui ſont rivés ſur la petite platine *N N*, & dont les bouts ſont aſſemblés avec la platine *B B*.

365. Les lignes *a*, *b*, *c*, *d* repréſentent le chaſſis de compenſation du chaud & du froid; ce chaſſis eſt compoſé de 16 tringles, dont 8 en acier & 8 en cuivre. On peut voir dans le *Traité des Horloges Marines* la conſtruction de ce chaſſis, qui eſt ici trop petit pour être repréſenté : il eſt placé à plat parallelement à la platine, comme dans ma premiere Montre Marine, Planche VIII du *Traité des Horloges Marines*; les deux tringles de cuivre du milieu du chaſſis *a*, *b*, *c*, *d*, agiſſent ſur le petit bras *e* du levier *e*, *f*, *g* de compenſation; ce levier eſt mobile en *f* par deux pivots, l'un qui roule dans la platine *B B*, & l'autre dans le pont *f*, *K*, *L* porté par cette platine. Le bras *g* du levier *e*, *f*, *g* agit ſur la vis *h* portée par le bras *k* du pince-ſpiral *i*, *k*; *q*, *i* eſt la boîte qui forme le pince-ſpiral. Le bras *i* porte l'index *l* qui marque ſur la portion du cercle gradué *m* de la platine *B B*, le chemin que le chaud & le froid produiſent dans le méchaniſme de compenſation pour la correction du chaud & du froid; *R* eſt le piton du ſpiral : *q r* le reſſort qui preſſe le ſpince-ſpiral contre le levier *g*, *f*, *e* de compenſation; *M P* eſt le double pont du pince-ſpiral.

366. *Q* eſt le pont du rouleau *G*, il eſt attaché par deux vis ſur la platine *B B*. Ce pont ſert à approcher ou à écarter le rouleau *G* de l'axe de balancier pour lui donner le jeu preſcrit (voy. ci-après Chap. XIX. la méthode que j'emploie pour donner le jeu convenable à l'axe de balancier). Le pont *Q* étant démonté, on peut retirer le rouleau *G*, afin de démonter le balancier au moyen de la fente *n*, *o*, *p* pratiquée aux platines.

O

367. *G*, *P*, *x*, fig. 7, eſt un bras placé ſous la vis *P* du pont *Pq* du pince-ſpiral, le bout *x* de ce bras appuye ſur le reſſort *r q* du pince-ſpiral. L'uſage de ce bras eſt pour augmenter ou diminuer l'action du reſſort & lui donner la tenſion convenable pour rendre les effets de la compenſation parfaitement certains, voy. Chap. XIX, la méthode que j'employe pour trouver ce point.

Dimenſions de ma premiere Montre à Longitude portative.

368. La roue de fuſée fait un tour en quatre heures; elle a 80 dents, & 9 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre. Elle porte le pignon de renvoi des heures; ce pignon a 24 dents & 2 lig. $\frac{11}{12}$ de diametre.

La roue des heures a 72 dents, & 8 lig. $\frac{5}{12}$ de diametre.

La roue de minute a 128 dents & 10 lig. de diametre, ſon pignon eſt de 20.

La roue moyenne a 120 dents & 9 lig. $\frac{4}{12}$ de diametre: ſon pignon a 16 dents.

La roue de ſecondes a 120 dents & 8 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre; ſon pignon a 16 dents.

La roue d'échappement a 15 dents & 7 lig. de diametre; ſon pignon a 10 dents.

Le cercle d'échappement a 3 lig. de diametre; l'arc de levée de l'échappement, eſt de 60 degrés.

Le balancier a 13 lig. de diametre, & peſe 33 grains.

Le reſſort-moteur tire 13 gros.

Le barillet eſt de toute la hauteur de la cage du régulateur.

Dimenſions des Pivots.

Pivots de fuſée 1 lig.
De minute 0 lig. $\frac{12}{48}$.
De roue moyenne, $\frac{7}{48}$.
De ſecondes, $\frac{4}{48}$.
De la roue d'échappement, $\frac{3}{48}$.
Des rouleaux, 0 lig. $\frac{3}{48}$.
Pivot pince-ſpiral, $\frac{4}{48}$.

Le chaſſis a 10 lig. de largeur & 21 lig. de longueur; il eſt compoſé de 16 tringles, 8 d'acier & 8 de cuivre.

CHAPITRE XIII.

Description de la deuxieme Montre à Longitude portative.

369. LA Montre à Longitude portative dont j'ai donné une notion abregée dans le Chapitre XII, étant trop composée, d'une exécution longue & pénible, j'en ai construit une plus simple d'après l'Horloge à Longitude n° 36, dont elle ne differe que par ses dimensions : cette Montre est représentée Planche III, fig. 4 & 5.

370. Cette Montre est composée de deux platines de 25 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, qui forment la cage du rouage, & de deux petites, de 18 $\frac{1}{2}$ lig. de diametre, qui forment deux cages au moyen de trois piliers à double base; l'une de ces cages sert à placer le balancier (comme dans n° 36, fig. 1) & l'autre, pour y loger trois rouleaux : le méchanisme de compensation, à lame composée, est placé au dehors de ces cages.

371. Le balancier fait 6 vibrations par seconde : un de ses pivots (celui inférieur) tourne entre trois rouleaux, & l'autre dans le trou du pont pareil à celui *P O*, fig. 1.

372. Les deux petites platines sont fendues jusques à leur centre, afin de pouvoir démonter le balancier en ôtant un rouleau : cette disposition est commode pour augmenter ou diminuer à volonté le poids du balancier, & pour régler la Montre par ses diverses positions, au moyen des masses &c.

373. *A A*, fig. 4, représente le dehors de la platine-cadran, sur cette platine sont rivés les piliers 1, 2, 3, 4; *B* est le barillet, *C* le rochet d'encliquetage du grand ressort, cet encliquetage est placé au dehors de la platine-cadran; de même que le cadran *O* des heures; celui *M* de minutes & celui *S* de secondes : *G* est la roue des heures, *a* le pignon porté par le centre de la roue de fusée *F*: ce pignon *a* mene la roue des heures; *e* est le pignon de minute;

H la roue de minute; *I* la roue moyenne & *g* son pignon; *K* la roue de secondes & *h* son pignon; *L* la roue d'échappement & *l* son pignon; *Q l* le pont de cette roue; *m q* le cercle d'échappement; *o n* la detente; *s* son pont: *m p q* le *ressort-levée* d'échappement porté par le cercle *m*: *P o* le pont du pivot supérieur du balancier; *r* le ressort de la détente *o n* d'échappement: *f* est le plot du garde-chaîne, *f d* la direction du garde-chaîne, *d* le crochet de fusée; *E* le cliquet du rochet auxiliaire; *N C* le rochet d'encliquetage de la fusée; 5, 6, 7 les bouts des pivots de la cage du balancier & des rouleaux.

374. *B B*, fig. 5, représente le dehors de la seconde platine du rouage; 4, 5, 6, 7 sont les pivots des piliers de la cage du rouage; *C* la platine des piliers de la double cage des rouleaux & de balancier; *M M* le balancier; 1, 2, 3 les rouleaux; 8, 9, 10 les piliers à double base.

375. La disposition de la compensation étant la même dans cette Montre, que dans la petite Horloge n° 36. Je ne l'ai pas répétée dans la fig. 5. Il faut donc recourir à la fig. 3, Planche III, où *A d* représente le pont de la lame de compensation; ce pont porte en *d* une plaque qui sert de machoire pour fixer le bout *S* de la lame *S T*; le bout *T* de la lame porte une vis *z* dont le bout agit sur le bras *y* du pince-spiral *x y*; la vis *z* sert à former la compensation par l'action de la lame qu'elle communique au pince-spiral, & en même tems; en tournant cette vis de droite ou de gauche, on règle la Montre au plus-près; *V Y* est le pont du pince-spiral.

Dimensions du rouage.

376. La roue de fusée a 80 dents & 9 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre; elle engrene dans le pignon de minute de 20 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

La roue de fusée porte à son centre le pignon de renvoi des heures; ce pignon, qui est en cuivre, a 24 dents & 2 lig. $\frac{11}{12}$ de diametre.

La roue des heures a 72 dents & 8 lig. $\frac{5}{12}$ de diametre.

La roue de minute de 128 dents, & de 10 lig. de diametre engrene dans le pignon 16 de la roue moyenne; ce pignon a 1 lig. $\frac{3\frac{1}{4}}{12}$ de diametre.

Roue moyenne, 120 dents; diametre, 9 lig. $\frac{4}{12}$; engrene dans le pignon 16, de secondes; ce pignon a 1 lig. $\frac{3\frac{1}{4}}{12}$ de diametre.

Roue de secondes 120 dents, diametre 9 lig. $\frac{4}{12}$.

Roue d'échappement 15 dents, son pignon 10.

Hauteur des piliers.

Du rouage, 4 lig.

Du balancier, 2 lig.

Des rouleaux, 2 lig. $\frac{1}{2}$.

CHAPITRE XIV.

Horloge à Longitude, N° 35.

Planche IV.

377. CETTE Horloge est particulièrement destinée pour servir aux vaisseaux Marchands : j'ai eu deux objets en vue en la construisant; le premier, d'employer les moyens les plus simples, ensorte qu'elle puisse être exécutée en entier par un bon Ouvrier en pendule; le deuxieme, d'obtenir de cette machine toute l'exactitude requise pour la conduite du vaisseau, par la nature même de ses principes, & indépendamment de l'extrême perfection de la main d'œuvre, afin qu'une telle Horloge ne soit pas d'un grand prix.

378. Cette Horloge est à ressort égalisé par une fusée; le balancier fait deux vibrations par seconde; l'aiguille bat les secondes; l'échappement libre de la construction la plus simple; la compensation du chaud & du froid par un chassis

composé de 7 tringles seulement : le compensateur est ajouté à cette machine, afin d'arriver plus promptement à l'isochronisme des vibrations. On peut faire usage avec cette Horloge de la table des arcs & de la température. Le mouvement doit être placé dans un tambour porté par une suspension pareille à celle représentée *Traité des Horloges Marines*, Planche XXVI, fig. 2.

379. La Planche IV, fig. 1, représente le profil du mouvement composé de trois grandes platines ; les deux premieres *A A*, *B B*, forment la cage du rouage ; les deux platines *B B*, *C C*, forment la cage du balancier.

Le mouvement est en outre composé de deux petites cages particulieres qui contiennent six rouleaux entre lesquels tournent les pivots du balancier : on peut au besoin faire exécuter ces deux cages & leurs rouleaux séparément par un Ouvrier en Montre.

380. *D* est la roue de fusée qui fait un tour en 12 heures ; le canon sur lequel cette roue est rivée, porte à frottement le cadran *E* des heures : le canon *a* de ce cadran est fendu pour former le frottement : *b* est le rochet auxiliaire : *c* le ressort qui sert à faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte (a) : *d* le rochet d'encliquetage de la fusée : *F* est la fusée, *e* son crochet, *a a* le quarré de remontoir.

La roue de fusée *D* engrene dans le pignon *f* de minutes, dont le pivot prolongé *g* porte l'aiguille ; *G* est la roue de minutes fixée sur l'axe du pignon *f g* ; elle engrene dans le pignon *h* de la roue moyenne : l'axe du pignon *h* porte la roue moyenne *H* : celle-ci engrene dans le pignon *i* qui porte la roue de secondes *I* dont le pivot prolongé *k* porte l'aiguille : la roue de secondes *I* engrene dans le pignon *l* d'échappement ; *m* est le cercle d'échappement, lequel porte un canon qui le fixe par une goupille au bout du pivot supérieur du balancier ; le cercle porte en *n* un petit pont

(a) Voy. *Traité des Horloges Marines*, N° 811, la description de ce méchanism

formant la machoire à laquelle est attachée le ressort de suspension *n o* du balancier : le bout *o* du ressort est fixé à une seconde machoire *p* portée par le pont de suspension attaché par son pied au-dessus de la platine *B B*.

q, *r* sont les deux platines de la cage supérieure des rouleaux; 1, 2, 3 sont les rouleaux; *s*, est le pivot de balancier qui se meut entre ces trois rouleaux: cette cage est fixée par deux vis à la platine *B B* : *t*, *u* sont les deux platines de la cage inférieure des rouleaux; 4, 5, 6 sont les rouleaux : *v* est le pivot inférieur du balancier qui se meut entre ces trois rouleaux : le bout prolongé du pivot *v* de balancier porte lespiral *M* attaché sur la virole *x*.

381. *N N* est le balancier attaché par trois vis sur l'assiette *O*, laquelle est fixée sur l'axe *v s* du balancier.

Au-dessous du balancier est attaché sur son axe l'excentrique *y*, vu en perspective, fig. 5 : c'est sur cet excentrique qu'agit le petit rouleau *z* porté par la chappe *P* ; sur cette chappe est attaché le bout 7 de la lame du ressort compensateur ; pour cet effet, le bout 7 du ressort est fendu pour entrer sous les têtes de deux vis portées par la patte de la chappe ; le bout 8 de la même lame est fixé au pont à machoire *Q*.

Le rouleau, le ressort, la chappe & le pont sont vus en perspective fig. 5 : 9, 10 & 11, 12 représentent deux des piliers de la cage du rouage ; 13, 14 & 15, 16 deux des piliers de la cage du balancier.

382. La fig. 2 représente le dehors de la platine *A A* des piliers du rouage, ou *platine-cadran*, sur laquelle est tracé le plan du rouage & de l'échappement : *B* est le barillet : *C* le rochet d'encliquetage du grand ressort ; ce rochet & l'encliquetage doivent être placés au dehors de la platine-cadran : *E* est une portion du cadran des heures qui paroît à travers l'ouverture faite à la platine-cadran : *M* est une portion du cadran de minute, & *N* de celui de secondes : *D* est la roue de fusée ; *b* le rochet du ressort auxiliaire ; *d* le rochet d'encliquetage de la fusée ; *e* le crochet de la fusée ; *a* le plot du garde-chaîne *a e*, & *g* le ressort ; *c b* le cliquet du rochet auxiliaire ; 4, 5, 6, 7 sont les piliers de

la cage du rouage rivés sur la platine *A A*; 8, 9, 10 les bouts des piliers de la platine du balancier.

383. *G* est la roue de minute; *f* son pignon; *H* la roue moyenne, *h* son pignon; *I* la roue de secondes, *i* son pignon; *K* la roue d'échappement, & *l l* son pignon; *m* le cercle d'échappement, *n o* le *ressort-détente*, *p* le *ressort-levée* d'échappement : *L* le pont du ressort de suspension du balancier; *T* un pont de précaution pour empêcher le balancier de remonter & de faire casser le ressort de suspension; *R* est le pont de la roue d'échappement; *P* est une portion de la platine du balancier graduée en degrés pour connoître l'étendue des arcs de vibrations : *Q* est un pont de précaution pour garantir le pivot de la roue de secondes lorsqu'on remonte le mouvement, sans cela cette roue pourroit être accrochée par le bout du pont *R* de la roue d'échappement.

384. *C C*, fig. 3, est le dehors de la platine du balancier sur laquelle sont rivés ses trois piliers; *d*, *e*, *f*, *g* sont les places des bouts des piliers de la cage du rouage qui s'assemblent avec la seconde platine (*B B*, fig. 1) : *u u* les platines de la petite cage des rouleaux attachées par deux vis à la platine *C C*; 4, 5, 6 sont les rouleaux : *N N* le balancier : *P z* la chappe & le rouleau du compensateur : 7, 8 le ressort, *Q* le pont portant la machoire *h i* qui fixe ce ressort; *y* est l'excentrique sur lequel agit le rouleau *z* pour amener les vibrations à l'isochronisme; *l* est une portion du spiral attaché en *m* au piton *m M*.

385. *A B* est le chassis de compensation attaché en *A* au pont *A D* : *o p* le grand levier de compensation mobile en *o*; le petit bras *q* de ce levier appuye sur le bout de la tringle du milieu du chassis; le grand levier *p* appuye sur le bout de la vis *r* portée par une boîte attachée au bras *s* du pince-spiral *s*, *t*; la boîte *v* du pince-spiral est fendue en dessous pour le passage du spiral; *E*, *p*, *y* est le pont du pince-spiral.

386. La fig. 4, représente le chassis de compensation en plan; sur la traverse *A B* sont fixés les bouts des tringles de

de cuivre : & ſur la traverſe *C D* ſont fixés les bouts *c d* des mêmes tringles ; ſur la traverſe *C D* ſont auſſi fixés par des chevilles les bouts *e f* des tringles d'acier ; les autres bouts des mêmes tringles ſont fixés à la traverſe *E* ; celle-ci porte de même les bouts *g h* des tringles de cuivre dont les bouts oppoſés des mêmes tringles ſont fixés par deux chevilles à la traverſe *F* ; enfin à celle-ci eſt fixé le bout *i* de la tringle d'acier du milieu : l'autre bout de la même tringle paſſe librement à travers les traverſes *E*, *F*, *A*, *B*, pour aller agir ſur le petit bras du levier de compenſation.

Les tringles doivent avoir 1 lig. $\frac{1}{4}$ de diametre.

Dimenſions du Rouage.

387. Les trois platines ont 54 lig. de diametre.

Hauteur des piliers, cage, rouage, 15 lig.

De la cage du balancier, 9 lig.

La roue de fuſée a 29 lig. de diametre & 240 dents.

Roue de minute, 160 & 19 lig. $\frac{1}{3}$.

Roue moyenne, 150 & 18 lig.

Roue de ſecondes, 120 & 14 lig. $\frac{1}{2}$.

Roue d'échappement, 10 dents.

Les quatre pignons ſont de 20, & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

Le balancier, 44 lig. de diametre : le ſpiral étant de même force que celui de n° XXV, le balancier peſera 486 grains ; ſes pivots de $\frac{14}{48}$ de diametre : les autres pivots des dimenſions de ceux de l'Horloge n° XXIV, (n° 182).



CHAPITRE XV.

De la construction d'une Montre Marine la plus simple pour les vaisseaux marchands, les pivots de balancier tournant dans des trous sans rouleaux.

388. L'APPLICATION des rouleaux au régulateur d'une Horloge à Longitude est un moyen précieux pour réduire ses frottements : mais comme cette application exige un travail assez considérable ; il paroît nécessaire d'examiner comment on peut supprimer les rouleaux, & quelle doit être dans ce cas, la disposition de la machine pour en obtenir encore assez de justesse, & pouvoir être employée dans les usages ordinaires de la navigation & sur-tout pour servir aux vaisseaux Marchands. C'est dans cette vue que je construisis en 1777, & fis exécuter la même année une Horloge à ressort, dont les pivots de balancier tournent dans des trous. Cette Horloge est désignée par n° 7.

389. Le balancier de cette Horloge (n° 7) a 27 lig. de diametre, & fait quatre vibrations par secondes ; il est suspendu par un ressort & pese 92 grains ; les pivots ont $\frac{10}{48}$ lig. de diametre ; le balancier décrit des arcs de 160 degrés.

L'échappement est à vibrations libres, ainsi l'aiguille des secondes bat les demi-secondes.

La compensation est à chassis comme dans mes grandes Horloges.

Le ressort est égalisé par une fusée, & tire 13 onces à 4 pouces du centre : la roue de fusée fait un tour en 12 heures ; elle porte le cadran des heures.

Cette Horloge est horisontale & maintenue dans cette position par une suspension comme mes autres Horloges.

390. En construisant cette machine, j'avois sur-tout en

vue de la faire servir à mes expériences particulières, & de ne l'envoyer en mer qu'après des épreuves certaines : je vais rapporter quelques-unes de ces expériences, lesquelles doivent servir à fixer les dimensions d'une Horloge, dont le régulateur n'a pas de rouleaux.

391. La premiere observation que l'on doit faire sur cette Horloge, c'est que la force motrice est fort grande, relativement au peu de puissance du régulateur, ce qui prouve combien les frottements des pivots de balancier sont grands : car si on compare la force de mouvement du balancier de n° 7 à celle du balancier de n° 4 dont les pivots tournent entre des rouleaux, on trouvera que la puissance de n° 4 est à celle de n° 7, comme 21 est à 2, tandis que la force motrice de n° 4 est à celle de n° 7, comme 93 est à 52 : voy. la forme de ce calcul, *Traité des Horloges Marines*, n° 1445 & *suiv.*

392. Lorsque cette Horloge eût marché quelque tems, j'examinai les pivots du balancier ; j'en trouvai un qui étoit marqué & l'huile noircie, ce qui prouve que le balancier est encore trop pesant pour n'avoir pas de rouleaux.

393. Je fis aussi marcher l'Horloge en l'inclinant de 10 degrés : les arcs de vibrations diminuoient tout de suite.

394. Quant à la marche de l'Horloge, elle a été assez irrégulière, pour que je me sois décidé à ne pas faire usage de cette machine.

395. Maintenant je pense cependant qu'en construisant une nouvelle Montre, on pourroit encore obtenir assez de justesse quand même les pivots de balancier rouleroient dans des trous ; mais pour cela il faut que le balancier soit beaucoup plus petit & plus léger que celui de n° 7 ; je vais en proposer la construction & les dimensions.

396. Le balancier doit être horisontal, & la pointe du pivot inférieur doit rouler sur un diamant.

Pour conserver la Montre dans cette position horisontale, il seroit à propos d'employer une suspension mais plus simple :

le mouvement doit être placé dans un tambour chargé d'un poids, &c.

En donnant peu de puiſſance au balancier, il faut réduire le rouage à proportion, & tenir les roues légères.

Le balancier devra faire quatre vibrations par ſecondes, & être du poids de 40 grains au plus.

Deſcription de la Montre Marine horiſontale ſans rouleaux.

Planche II.

397. La fig. 7 repréſente la platine-cadran, ou des piliers, ſur laquelle eſt tracé le plan de la Montre.

398. Le mouvement de cette Montre eſt diſpoſé de la même maniere que ceux des Montres à Longitude; les cadrans des heures, des minutes & des ſecondes ſont excentriques, & portés par la platine des piliers; la roue de fuſée doit être diſpoſée comme celle des Horloges à Longitude, avec un méchaniſme pour faire marcher la Montre pendant qu'on la remonte, ou bien on peut ſuppléer ce méchaniſme par une détente diſpoſée comme dans ma premiere Montre Marine. Voy. *Traité des Horloges*, Planche VIII, fig. 2, & N° 581.

399. Cette Montre eſt compoſée de deux platines de 30 lig. de diametre, qui forment la cage du rouage, au moyen de 4 piliers de 9 lig. de haut.

A, *A* eſt la platine-cadran; 1, 2, 3, 4, les piliers rivés ſur cette platine; *B* le barillet, qui doit contenir le reſſort moteur; *C* le rochet d'encliquetage du reſſort-moteur; *D* la roue des heures; *E* le cadran; la roue *D* a 84 dents, & 10 lig. de diametre; le pivot prolongé de l'axe de cette roue porte l'aiguille des heures; *F* eſt le pignon de renvoi, lequel, porté par la roue de fuſée, conduit la roue des heures. Ce pignon a 35 dents & 4 lig. $\frac{2}{10}$ de diamètre: *G* eſt la roue de fuſée, elle a 80 dents & 12 lig. $\frac{1}{12}$ de diamètre; elle en-

grene dans le pignon *a* de minute; ce pignon a 16 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre, le pivot prolongé de ce pignon porte l'aiguille des minutes : *H* en est le cadran ; *I* est la roue de minute, elle a 96 dents & 12 lig. de diamètre; elle engrene dans le pignon *b* de la roue moyenne; ce pignon est de 12, il a 1 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre.

K, est la roue moyenne, elle a 90 dents & 11 lig. $\frac{3}{12}$ de diamètre ; elle engrene dans le pignon *c* de secondes, qui a 12 dents & 1 ligne $\frac{1}{2}$ de diamètre ; le pivot prolongé de ce pignon porte l'aiguille de secondes; *L* est la roue de secondes, elle a 80 dents & 10 lig. de diamètre; *M* est le cadran de secondes : la roue de secondes *L*, engrene dans le pignon *d* d'échappement ; ce pignon a 10 dents & 1 lig. $\frac{3}{12}$ de diamètre.

400. La roue d'échappement *N*, est placée à fleur du dedans de la seconde platine ; *O*, est le pont de cette roue ; *e f g*, la détente-ressort d'échappement ; *f h i, le ressort-levée* d'échappement ; ce ressort est fixé par la vis *i*, sur le cercle d'échappement *i f*; *P* est le pont de l'axe du balancier attaché en dedans de la seconde platine. Il faut ici employer un pont de précaution, pour garantir les pivots de la roue de secondes, lorsqu'on remonte le rouage. (Voy. ci-devant nos 307 & 383).

401. Le balancier a 20 lig. de diamètre, il peut peser de 30 à 40 grains.

Le spiral peut être trempé, plié; il devra faire 6 tours, la lame travaillée comme celle des spiraux des Montres à Longitude.

402. Planche II, fig. 8, représente les dehors de la seconde platine du rouage ; elle porte le balancier & le méchanisme pour la correction du chaud & du froid.

BB, est la platine; 1, 2, 3, 4, les bouts des pivots des piliers ; *CC*, est le balancier.

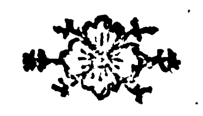
DE, est le pont du balancier & du pince-spiral ; la patte *D* est attachée à la platine; *E*, est le pont du pince-spiral,

& *F* le coqueret qui porte le pivot inférieur du balancier. Le double pont *DE* eſt vu de profil, fig. 9.

403. *De* fig. 9 eſt le premier pont, lequel s'attache à la platine : le bout *e* reçoit le pivot *e* de l'axe *de* du pince-ſpiral, le pivot *d* entre dans le trou fait en *d* au deuxieme pont *Ed*; le bras *b* ou palette du pince-ſpiral *ab*, eſt celui ſur lequel agit la vis de la lame compoſée ; le bras *a* porte la boîte *ca*, fendue en *a*, pour le paſſage du ſpiral. C'eſt le mouvement de cette partie *a*, qui forme la compenſation, en rendant le ſpiral plus long ou plus court; le coqueret *f* reçoit le pivot du balancier. L'axe du balancier paſſe, comme j'ai dit, dans le trou de l'axe *de*, du pince-ſpiral, cet axe étant formé par un canon : au-deſſus du coqueret *f*, qui eſt en cuivre, doit être placé le diamant ou rubis, pour recevoir le bout du pivot de balancier; c'eſt celui-ci qui devient celui d'en-bas, lorſque la Montre eſt placée horiſontalement, le cadran en haut.

404. *Ab* fig. 8, eſt le pince-ſpiral, & *b* le levier, ſur lequel agit la vis *c* de la lame compoſée; *GH* eſt le pont à machoire, ſur lequel cette lame eſt fixée.

405. Le ſpiral doit être placé, comme je l'ai dit, tout près du balancier *CC*, & au-deſſus. Le pont *E* paſſe au-deſſus du ſpiral, ainſi le piton *h* doit deſcendre au-deſſous du pont. Pour cette effet, il faut que ce piton porte un talon, pour aller gagner la hauteur du ſpiral : ce piton peut être diſpoſé comme ceux des Horloges à Longitude & fixé par une vis : & tel étoit celui de ma ſeconde Montre Aſtronomique.



CHAPITRE XVI.

Horloge à Longitude horisontale à poids, de la construction la plus simple, & réduite au plus petit volume.

406. J'AI traité ci-devant des principes & de la construction des petites Horloges à Longitude à ressort (a), & j'ai reconnu par des épreuves sûres, que ces machines peuvent remplir l'objet de leur destination; mais malgré leur succès, j'insisterai toujours sur la préférence que méritent les Horloges à poids (b). Les accidents arrivés à celles-ci, dans le transport par terre, de Paris à Brest, ou au retour, ne peuvent faire renoncer à leur usage : elles présentent trop d'avantages pour les abandonner. Je vais donc de nouveau m'occuper de la construction d'une Horloge à poids, dans laquelle j'espere vaincre toutes les difficultés qui s'opposent à la facilité du transport de ces machines; & je tâcherai de réunir dans celle-ci, tous les moyens de perfection que l'expérience & l'étude m'ont acquis, en m'appliquant surtout à la simplifier autant qu'il est possible, & en la réduisant au plus petit volume. Mais avant d'en tracer la composition & les dimensions, je dois parcourir ici les défauts que j'ai reconnus dans mes anciennes Horloges à poids.

407. 1°. Les *Horloges Marines* à poids, que j'ai construites & exécutées jusqu'à présent, sont d'un trop grand volume, trop pesantes & embarrassantes, ensorte que, pour les porter à Brest, j'ai été obligé pendant la guerre de les envoyer par les voitures publiques; de-là les accidents, au

(a) Chapitre IX.
(b) *Traité des Horloges Marines*, N° 315.

lieu que réduites à un plus petit volume, on les eût transportées dans des chaises de poste, comme celles à ressorts.

408. 2°. Les balanciers de ces Horloges sont beaucoup trop pesants, ce qui les expose dans le transport par terre, à casser les pivots des rouleaux, & à la mer, les rend trop susceptibles des commotions de l'artillerie du vaisseau.

409. 3°. La force de mouvement du balancier étant fort grande, la force motrice en a dû être augmentée à proportion, & de-là l'augmentation de volume de l'Horloge, &c.

410. 4°. Par une suite de cette grande puissance du Régulateur, & de la force motrice, les roues sont plus grandes, plus pesantes, & par conséquent, causent plus de frottemens, &c.

411. 5°. Le méchanisme de compensation, dans ces grandes Horloges, est nécessairement de plus grandes dimensions & plus pesant : l'Horloge est par là plus exposée à tous les effets des agitations. Or, en réduisant la puissance du Régulateur, on peut employer la lame composée en place du chassis : ce moyen est beaucoup plus simple ; &, étant bien exécuté, il est aussi sûr.

412. 6°. Des expériences décisives & souvent répétées m'ont appris que les arcs de vibrations du balancier diminuent à la longue, & plus ou moins, selon la qualité des huiles ; ensorte que, malgré que le spiral ait été jugé sensiblement isochronisme, cependant comme cet isochronisme n'a lieu que dans des arcs qui different peu entr'eux, il s'ensuit des variations dans l'Horloge.

413. 7°. Deux défauts qui ont lieu dans les Horloges à poids, que j'ai corrigés dans mes nouvelles Horloges à ressort. C'est 1°. Les roues de cylindre ; de minute & roue moyenne, tournoient sur les portées des pivots, ce qui causoit un très-grand frottement, qui creusoit même les platines : de même les poids des leviers & pinces-spiraux de compensation rouloient sur leurs portées ; 2°. Les ponts de suspension du balancier, & les piliers de la cage du Régulateur, étoient en cuivre, tandis que l'axe du balancier & le ressort de

de ſuſpenſion de balancier étant d'acier, il en réſultoit des dilatations différentes qui rendoient le ſpiral, tantôt libre, & tantôt forcé.

414. Dans toutes mes Horloges à poids, les piliers de la cage du poids ſont attachés à la platine inférieure de la cage du Régulateur, enſorte que les ſecouſſes du poids ont dû tendre à faire fléchir cette platine, qui d'ailleurs eſt fendue pour le paſſage du balancier. Et ces effets ont dû néceſſairement changer la compenſation, & même ont mis le ſpiral dans divers états forcés, ce qui a pu produire deux nouvelles cauſes de variation.

415. Par tout ce qui précede, on voit que la plupart des obſtacles dont nous venons de parler dans les Horloges à poids, ſont cauſés par la trop grande force des reſſorts ſpiraux, ou puiſſance de mouvement du Régulateur : car cette force étant donnée, le balancier devient plus peſant, le poids moteur a plus de peſanteur, & plus de deſcente, les roues doivent être plus grandes & plus peſantes; le méchaniſme de compenſation plus grand & delà le volume de l'Horloge plus grand. En général dans les Horloges Marines, faites ſur les mêmes principes, les quantités de force motrice augmentent dans la même proportion que les forces des reſſorts ſpiraux, dont les balanciers décrivent des arcs ſemblables, ou ce qui revient au même, comme les quantités de mouvement des balanciers; ainſi, lorſque la force de mouvement d'un balancier eſt quatre fois plus grande que celle d'un autre balancier, la force motrice eſt auſſi quadruple, ou très-approchant.

Pour réduire le volume de l'Horloge, & vaincre tous les obſtacles ci-deſſus énoncés, il ſuffit donc de diminuer la puiſſance du Régulateur, & proportionnellement toutes les parties qui conſtituent l'Horloge, & on réunira la même exactitude à plus de commodité, & moins d'accidens, ſoit dans ſon tranſport par terre, ſoit qu'à la mer elle ſoit expoſée aux commotions de l'artillerie du vaiſſeau. Nous donnerons ci-

après la construction & les dimensions de cette nouvelle Horloge, lorsque nous aurons établi quelques principes & observations qui peuvent être utiles aux Horloges & aux Montres à Longitude en général.

ARTICLE I.

Des limites de la force de mouvement du Régulateur des Horloges à Longitude.

416. Les épreuves qui furent faites de l'Horloge Marine, N° 8, en 1768, me firent connoître que les arcs de vibrations avoient eu une grande diminution, causée par l'épaississement des huiles. Je cherchai à éviter ce défaut, en construisant les grandes Horloges N°s 9, 10, 17, &c. dont le Régulateur avoit une plus grande force de mouvement: mais diverses expériences m'ont fait reconnoître depuis, que cette diminution dans les arcs, dépend moins de la quantité absolue de la force de mouvement du Régulateur, que de la nature même des huiles & des frottemens, qui, dans les grandes Horloges, augmentent, ainsi que je l'ai appris trop tard, dans le rapport même de la force de mouvement, à cause des obstacles de la matiere, & que les pesanteurs, & par conséquent, les frottemens croissent à peu-près comme les forces. C'est donc en bien pure perte, que j'ai fait de si grandes Horloges d'une exécution pénible, d'une grande dépense, & auxquelles j'ai employé tant de temps. D'autres expériences fort nombreuses m'avoient aussi fait reconnoître que les arcs de vibration du balancier, devenoient plus petits par le froid, ensorte que c'étoit une nouvelle raison pour devoir juger l'augmentation de force de mouvement absolument nécessaire; cependant, d'après les expériences les plus sûres & souvent répétées, j'ai toujours trouvé que les arcs diminuent par le froid, soit que l'Horloge ait un grand Ré-

gulateur puissant, soit que sa force soit beaucoup plus petite (a) : que ce soit une Horloge à vibration lente, comme N° 8, ou prompte comme N° 6 : la quantité de diminution des arcs est sensiblement la même dans les uns & dans les autres, avec les huiles de même qualité.

417. Ces diverses considérations & expériences me ramenent naturellement à ce principe, *que ce n'est pas la quantité absolue de la force de mouvement d'un Régulateur, qui détermine la justesse constante de l'Horloge, mais que cela dépend du rapport entre la force de mouvement du Régulateur, & la quantité de frottement & de résistances des huiles, &c.* (*Traité des Horloges Marines*, N°s 76 & 128).

418. De ce qui précede, il suit qu'il y a dans une machine qui mesure le temps par un balancier, une force moyenne pour former un bon Régulateur, & telle est celle du Régulateur de l'Horloge n° 8 à poids, (b) & de ceux des petites Horloges, n°s XXV, XXVII, XXXVI, dont j'ai donné la description ci-devant.

419. Les considérations que je viens d'énoncer, ne sont pas les seules qui doivent établir la préférence d'une force de mouvement moyenne dans le Régulateur d'une Horloge Marine ; une autre également puissante naît des agitations du vaisseau & des commotions de l'artillerie ; car plus le balancier sera grand & pesant, plus les agitations & commotions doivent en altérer le mouvement.

420. Une autre raison, c'est que les machines grandes & pesantes ne sont point portatives, étant exposées à tous les accidens du transport par terre.

421. Une observation essentielle qu'il faut encore faire ici, relativement à une Horloge dont les vibrations sont à demi-secondes, c'est que ce n'est point tant la nature des vibrations lentes ou promptes en elles-mêmes, qui détermine absolument la propriété d'un Régulateur, pour n'être pas suf-

(a) J'entends ici que l'Horloge ait une force de mouvement moyenne, car si elle étoit fort petite, comme dans les Montres, l'effet seroit encore plus sensible.

(b) Décrite, *Traité des Horloges Marines.*

ceptible des agitations. Car j'ai fait des Montres de poche dont le balancier faisoit des vibrations de demi-secondes, qui n'étoit cependant pas susceptible des agitations, parce que ces balanciers étoient légers, & décrivoient de très-grands arcs : un balancier grand & pesant, qui feroit 6 vibrations par secondes, feroit donc, en effet, plus susceptible des agitations, qu'un balancier petit & léger, qui feroit deux vibrations par seconde; en un mot, le plus ou moins d'effet des agitations dépend plus particuliérement de l'inertie propre au balancier, indépendamment de la nature de ses vibrations. On peut donc parvenir à avoir un excellent Régulateur petit & léger à vibrations lentes, si on diminue les frottemens & résistances des huiles dans le même rapport de la diminution de puissance du Régulateur, (voy. *Traité des Horloges Marines*, N°. 128.)

ARTICLE II.

Du méchanisme de la compensation.

422. Parmi les divers moyens qui servent de base à la constante justesse des Horlóges & des Montres à Longitude, ceux qui sont les plus essentiellement importants, sont 1°, que le Régulateur soit tellement construit & exécuté, que l'étendue des vibrations du balancier soit toujours la même (*a*); 2° que les oscillations d'inégales étendues décrites par le balancier, soient isochrones (*b*); 3° enfin que le méchanisme des compensations du chaud & du froid soit parfaitement immuable, c'est-à-dire, que ses effets soient constamment les mêmes. J'ai suffisamment traité des deux premiers articles; je ne m'arrêterai qu'au troisieme, qui exige encore quelques ob-

(*a*) *Traité des Horloges Marines*, N° 74.
(*b*) *Traité des Horloges Marines*, N° 138.

ſervations particulieres ſur leſquelles je vais de nouveau inſiſter.

423. La premiere, c'eſt que le moyen de correction du chaud & du froid, ſoit tel que par tous les paſſages du chaud au froid, ou du froid au chaud, le méchaniſme revienne rigoureuſement au même point, enſorte que l'Horloge ou la Montre qui étoit réglée à 15 dégrés de température, je ſuppoſe, ſoit encore réglée par ce même degré, lorſque la machine aura éprouvé dans l'intervalle de grands froids, ou de grand chauds : car ſi elle differe, cela annonce un vice dans le méchaniſme de compenſation.

424. La ſeconde condition que l'on doit exiger, c'eſt que ſi l'Horloge ou la Montre reçoit quelques agitations, ou ſecouſſes, le moyen de compenſation revienne toujours au même point où il étoit auparavant, de ſorte que la marche de l'Horloge ou de la Montre, n'en ſoit point affectée : car ſi cette marche vient à changer par ces diverſes agitations ou ſecouſſes, c'eſt une preuve que le moyen de compenſation eſt vicieux, ſoit dans la conſtruction, ſoit dans l'exécution.

425. Si donc je ſuppoſe que le méchaniſme de compenſation eſt un de ceux que j'ai appliqué dans mes Horloges & Montres à Longitude, & dans leſquelles la compenſation eſt produite par le chemin du pince-ſpiral : dans ce cas, cela peut dépendre, ou du chaſſis (*a*) qui eſt mal exécuté, & qui n'eſt pas libre, ou bien de la lame compoſée, qui eſt mal faite : dans l'un ou l'autre cas, il faut s'en aſſurer par un examen réfléchi : mais le défaut dont nous parlons ici, peut être tout ſimplement produit par le trop, ou trop peu de force du reſſort du pince-ſpiral : c'eſt pour en

(*a*) Je dois ajouter ici que dans les petites Horloges & Montres à Longitude, il eſt préférable d'employer la lame compoſée ; ce moyen eſt plus ſimple, & peut être facilement exécuté avec toute la perfection requiſe ; au lieu qu'il eſt bien difficile, pour ne pas dire impoſſible, de faire un chaſſis ſi petit, ſans avoir à craindre que ſes effets ne ſoient incertains : & ſes défauts ſont encore augmentés par le grand levier, les frottemens des pivots, &c.

mieux assurer l'effet que je fais porter par le bras du pince-spiral, un index qui répond à des divisions très-petites, ce qui sert à montrer si le pince-spiral est immuable, ensorte qu'en soulevant, ou en pressant cet index avec le doigt, il réponde cependant toujours au même point de division. En général, le ressort du pince-spiral doit être foible & proportionné à l'effort que le méchanisme peut supporter.

426. Le pince-spiral doit être le plus léger & le plus court que comporte le spiral sur lequel il agit; & le ressort qui le presse ne doit avoir que la force nécessaire pour faire appuyer continuellement le pince-spiral sur la lame, ou sur le chassis: toute force excédente devient nuisible, & rend incertain le mouvement du pince-spiral. Il suit delà, que plus le pince-spiral est léger, & moins est grande la résistance qu'il oppose au méchanisme de compensation : la trop grande résistance du pince-spiral produit ici le même effet, qu'une lentille trop pesante sur un pendule composé, (Essai N° 1741), & *Traité des Horloges Marines*, N° 1314.

427. Pour mieux assurer les effets du méchanisme de compensation, il est nécessaire que les points de contact se fassent sur un rubis bien placé, & parfaitement poli. Il faut de plus apporter tous les soins possibles dans l'exécution des pivots du pince-spiral, que ces pivots soient d'un diametre proportionné à l'effort du spiral : on ne peut trop insister sur la perfection de toutes les parties du moyen de correction; car toutes les autres parties de l'Horloge étant bien, il suffit de quelques vices dans le méchanisme de compensation, pour faire varier sensiblement la machine.

ARTICLE III.

De la construction de l'Horloge à Longitude horisontale à poids.

428. L'Horloge que nous allons décrire, est particulierement construite pour pouvoir être exécutée en entier,

par un Horloger placé dans un port de mer, & dénué des secours que procure la Capitale, & sans autre instrument qu'une machine à fendre. Car même à Paris, j'ai éprouvé beaucoup de difficultés pour faire exécuter les grands ressorts moteur de mes petites Horloges à Longitudes; & pour m'en procurer un passable, j'ai toujours été obligé d'en faire exécuter 3 ou 4 : d'ailleurs les Horloges à ressort exigent des outils à fusée faits exprès, &c. Ce sont ces considérations, qui jointes aux avantages réels des Horloges à poids, m'ont engagé à construire cette nouvelle Horloge, en la réduisant au plus petit volume possible, & en rendant la construction la plus simple, & telle cependant qu'un Artiste adroit & intelligent puisse l'exécuter.

429. En réduisant d'après le principe du N° 417, la force de mouvement du Régulateur, j'en ai obtenu plusieurs avantages; 1°. celui de diminuer à proportion le volume de la machine; 2°. de n'employer que trois rouleaux de la même maniere que je l'ai fait dans N° 36 à ressort; 3°. de faire rouler la pointe de l'axe du balancier sur un diamant, & de supprimer le ressort de suspension du balancier, (voy. N° 296, 4° enfin, d'employer la lame composée pour la compensation du chaud & du froid, moyen plus simple que le chassis; & je me suis assuré par des expériences certaines, que la compensation par une lame, est très-bonne dans de petites Horloges à Longitude.

430. Pour rendre cette Horloge plus simple, je supprime tout à fait la cage du poids employée dans mes grandes Horloges : le poids descendra librement dans le tambour, ensorte que dans aucuns cas il ne peut nuire à l'Horloge, en altérant les effets de la compensation, ainsi que cela arrivoit avec la cage du poids, (voy. N° 414).

431. Dans cette disposition du poids moteur, il y a deux effets nuisibles qu'il faut prévenir; le premier, c'est d'empêcher que le poids ne puisse tourner sur lui-même, & faire tordre la corde; le second, c'est que le poids ne puisse changer de plan.

432. Pour empêcher que le poids ne puisse tourner sur lui-même dans les agitations du vaisseau, & faire tordre la corde, il faut attacher au-dedans du tambour, une régle placée verticalement à la circonférence intérieure : la platine du poids sera entaillée convenablement dans la circonférence, pour recevoir cette regle : par ce moyen, le poids descendra librement.

433. Pour empêcher qu'en remontant l'Horloge, le poids ne monte pas trop haut, & n'aille frapper des pieces de l'Horloge, il faut fixer au bord de la platine du poids, trois bras ou broches, qui étant de la longueur convenable, arrêteront le poids, sans qu'il puisse trop approcher du mouvement : les bouts de ces bras iront poser contre le dessous de la *batte* qui porte la platine-cadran : ces mêmes bras serviront en même-tems à maintenir le poids dans son plan horisontal : ces trois bras doivent être placés convenablement, pour pouvoir entailler la seconde platine du rouage, de sorte qu'ils ne rencontrent ni roues, ni pieces auxquelles ils puissent nuire.

434. Le tambour que j'ai fait exécuter pour cette Horloge a 7 pouces de hauteur en dedans, & 3 pouces 9 lig. de diamètre : c'est sur ces mesures qu'il faut établir toutes les dimensions de l'Horloge.

435. Le mouvement de cette Horloge est composé de quatre platines en tout, savoir, deux de 42 lig. de diamètre qui forment la cage du rouage, la troisieme de 36 lig. qui, avec la seconde platine du rouage, forme la cage du balancier; cette troisieme platine porte en dehors les 3 rouleaux entre lesquels tourne le pivot inférieur du balancier; ces rouleaux sont maintenus par des ponts: la quatrieme platine a 44 lig. de diamètre; c'est elle qui portera en dessous le poids moteur, & en dessus les deux poulies sur lesquelles passe la corde: cette quatrieme platine porte aussi en dessus, les trois bras servant à empêcher les balancemens du poids, & à fixer son remontage.

Elévation



Elévation de l'Horloge.

436. Les piliers de la cage du rouage ont de hauteur	12	lig.
Ceux de la cage du balancier	3	
La hauteur du pont du pince-ſpiral eſt de	10	lig.
Epaiſſeur de deux platines	1 $\frac{1}{3}$.	
Epaiſſeur du poids moteur	9	
Sa platine	0 $\frac{2}{3}$.	
	36	

A ôter de 84 lignes hauteur du tambour.

Reſte 48 lig. pour la deſcente du poids.

437. La roue de cylindre fait un tour en 12 heures; elle porte le cadran des heures; ainſi cette roue doit faire 2 tours $\frac{1}{2}$ en 30 heures, temps que l'Horloge doit marcher ſans être remontée.

438. Le poids eſt moufflé; ainſi la longueur de la corde eſt de 2 fois 48 lig. = 96: en diviſant par 2 tours $\frac{1}{2}$, on a 38 lig. $\frac{2}{5}$, pour la circonférence du cylindre, dont on trouve le diamètre par la proportion ſuivante.

diam. circonf.
113 : 355 : : x : 38 $\frac{2}{5}$, ce qui donne 12 lig. environ $\frac{2}{12}$, pour le diamètre du cylindre.

Dimenſions du rouage.

439. La roue de cylindre ou des heures a 24 lig. de diamètre & 192 dents.

Roue de minute, 16 lig & 128 dents; le pignon de minute a 2 lig. de diamètre & 16 dents.

Roue moyenne, 15 lig. de diamètre, & 120 dents; ſon pignon 2 lig. de diamètre & 16 dents.

La roue de ſecondes a 10 lig. de diamètre & 96 dents; ſon pignon 2 lig. de diamètre & 16 dents.

La roue d'échappement a 6 lig. de diamètre & 10 dents; ſon pignon 1 lig. $\frac{8}{12}$ de diamètre & 16 dents.

Le cercle d'échappement a 3 lig. $\frac{70}{12}$; levée d'échappement, 60 degrés.

440. Le balancier fait deux vibrations par seconde; il a 30 lig. de diametre; il doit peser 115 grains, le spiral étant de même force que celui de l'Horloge N° 36.

441. L'échappement à vibrations libres, le plus simple, c'est celui à *ressort-détente* & *levée-ressort*, décrit N° 69.

442. La compensation par une lame composée. La lame a 7 lig. de largeur, & 24 lig. de longueur en action.

443. La lame composée porte la vis pour régler l'Horloge; ainsi, elle agira immédiatement sur le bras du pince-spiral, lequel ne portera pas de *boîte*; & pour régler la compensation, on allongera, on accourcira la lame composée par le moyen du pont à machoire qui la porte: on n'a donc pas besoin de rubis pour le point de contact; pour suppléer à ce moyen, qui est très-bon, mais plus composé, il faut que le bras du pince-spiral, sur lequel agit la vis de la lame, soit trempé de toute sa force, de même que la vis.

444. Nous avons supprimé dans cette Horloge le ressort de suspension du balancier, parce qu'il exige trop de travail, & que d'ailleurs il peut être exposé à casser; le balancier étant assez léger, peut tourner sur sa pointe, sans avoir à craindre que cette pointe ne s'émousse; mais pour rendre le frottement de cette pointe plus constant, & le réduire autant qu'il est possible, il faut que l'axe de balancier soit fait d'excellent acier, & que la pointe ait toute la dureté de la plus forte trempe; cette pointe doit tourner sur la face d'un diamant parfaitement poli. Je me sers d'une petite *rose* à cet usage.

REMARQUE.

Quoique le plan de l'Horloge que je vais décrire, soit particulierement destiné à former une Horloge à poids; cependant le même plan peut servir à faire une Horloge à ressort; & dans ce cas, le barillet doit être placé à l'endroit où est la poulie de renvoi 1, planche VI, fig. 3.

ARTICLE IV.

Description de la petite Horloge à Longitude horisontale à poids.

Planche VI, *fig.* 2, 3, 4.

445. Le mouvement de cette Horloge est vu de profil, Planche VI, fig. 2; il est fait d'après le plan du rouage, fig. 3, & du Régulateur, fig. 4, & vu selon la direction, *W u*, fig. 3 & 4.

La platine *A A*, fig. 2, est celle des piliers du rouage. Je l'appelle *platine-cadran*, parce qu'elle porte le cadran des minutes, & celui de secondes : les heures paroissent aussi à travers une ouverture de cette platine, (comme on le voit fig. 3). La seconde platine *B B*, forme avec celle *AA*, la cage du rouage; le dessous de la seconde platine *BB*, forme avec celle *C C*, la cage du balancier; le dessous de cette troisieme platine porte 3 ponts qui servent de cage aux 3 rouleaux entre lesquels tourne le pivot inférieur du balancier; la quatrieme platine *DD*, est celle du poids *EE*, fixé au-dessous de cette platine.

446. *GG* est la roue de cylindre ou des heures; *H*, est le cylindre sur lequel est attachée la corde à boyau *a*; cette corde passe sur la poulie de renvoi *I*, delà elle descend verticalement de *b* en *c*, pour passer sous les poulies *K* & *L*, fixées sur la platine *D D*, du poids; la corde remonte ensuite de *L* en *M*, où elle est accrochée au crochet *M*, fixé sous la platine-cadran *A A*.

447. Lorsque l'on remonte le poids, l'Horloge ne cesse pas de marcher, parce que la roue de cylindre *G G*, porte un ressort qui est tendu par l'action du poids : ce ressort est placé entre la roue de cylindre, & le rochet *F*, qu'elle porte; un bout du ressort est arrêté par une cheville qui

entre dans un trou fait dans l'épaisseur de la roue *G G* ; l'autre bout de ce ressort est également arrêté par une cheville qui passe dans l'épaisseur du rochet *F*, lequel ne peut pas rétrograder, étant retenu par un cliquet ; l'encliquetage pour le remontage est placé sur le rochet *F*. Nous ne détaillerons pas davantage ce méchanisme qui l'a été suffisamment dans le *Traité des Horloges Marines*, Nos 811 & 812, & représenté Planche XV du même Ouvrage.

448. Le cadran des heures *O O*, est rivé sur un canon qui entre à frottement sur le canon de la roue *G G* ; *d* est le quarré formé sur le pivot prolongé de l'axe de la roue des heures & du cylindre : c'est le quarré qui sert à remonter le poids.

449. La roue des heures *G G*, engrene dans le pignon de minute *e*, dont le pivot prolongé *f*, porte l'aiguille des minutes : sur l'axe du pignon *e*, est rivée la roue *P* des minutes ; celle-ci engrene dans le pignon *g*, qui porte la roue moyenne *Q*.

Cette derniere engrene dans le pignon *h*, dont le pivot prolongé porte l'aiguille des secondes *i*. Sur l'axe de ce pignon est rivée la roue de secondes *R* : cette roue engrene dans le pignon *k*, sur lequel est rivée la roue d'échappement *S*. Le pivot inférieur de la roue d'échappement roule dans un trou de la seconde platine *B B* ; le bout de ce pivot porte sur un coqueret d'acier, pour éviter les frottemens de la portée. Le pivot supérieur roule dans le trou fait au pont *T t k* ; la patte *T* de ce pont est attachée sur le dessus de la platine *B B*, par une vis & deux pieds.

450. *l* est le cercle d'échappement sur lequel agit la roue *S* : ce cercle est attaché sur une assiette de l'axe *l, m, n, o, p*, de balancier. Le bout supérieur *m* de cet axe porte un pivot qui roule dans le trou du pont *U u m*, dont la patte *U* est attachée par une vis, & deux pieds sur le dessus de la platine *B B*.

451. Le cercle d'échappement *l*, porte le *ressort-levée* ; & le *ressort-détente* est attaché sur la platine *B B* : cette partie

de l'échappement n'eſt pas ici repréſentée, parce qu'il eût été difficile de la faire ſentir dans le profil; mais elle eſt tracée ſur le plan fig. 3, & c'eſt d'ailleurs le même échappement que j'ai décrit ci-devant N° 69, & qui eſt vu en perſpective, Planche IV, fig. 6.

452. L'axe de balancier porte en *n* une ſeconde aſſiette ſur laquelle eſt attaché le balancier *XX*, au moyen de 3 vis, afin de pouvoir le démonter à volonté.

453. Le bout inférieur *o* de l'axe de balancier *l*, *m*, *n*, *o*, eſt la partie qui forme le pivot, pour tourner entre les 3 rouleaux, 1, 2, 3. Les pivots ſupérieurs de ces rouleaux tournent dans les trous faits à la platine *CC*, & les pivots inférieurs de ces mêmes rouleaux tournent dans les trous des trois ponts, attachés chacun par une vis, & 2 pieds ſur la face inférieure de la platine *CC* : *Y* eſt un de ces ponts. Les autres n'ont pu être repréſentés; mais ils ſont vus dans le plan, fig. 4.

454. *pr*, eſt la virole de ſpiral, elle eſt ajuſtée à frottement ſur le bout inférieur de l'axe de balancier, & rendue fixe avec cet axe, au moyen d'une vis de preſſion. Le bout intérieur du ſpiral *ss*, eſt fixé ſur la virole par une barrette d'acier ſerrée par deux vis : l'autre bout du ſpiral eſt attaché au piton, & ce piton lui-même eſt porté par un pont qui n'a pu être repréſenté dans le profil : ce pont & le piton ſont vus, fig. 4.

455. *Z*, *v*, *x*, eſt le pont du pince-ſpiral; la patte Z eſt attachée par une vis & deux pieds ſous la platine *CC*; le bout *x* de ce pont, porte en deſſus un diamant, dont la ſurface doit être parfaitement polie & plane; c'eſt ſur ce diamant que roule la pointe *p* de l'axe de balancier. Cette pointe doit avoir toute la dureté de la plus forte trempe.

456. Sur la partie *v*, *x*, du pont *z*, eſt attaché un ſecond pont *a a*, *b b*, qui fait la cage du pince-ſpiral : la patte *aa*, de ce pont eſt fixée ſur le pont Z, par une vis & deux pieds; le bout *b b*, reçoit le pivot inférieur *y*, de l'axe du

pince-ſpiral, & le bout ſupérieur *z*, du même axe, porte un pivot qui roule dans le trou fait au bout *x* du pont *Z v x* : le bout du pivot inférieur de l'axe *x y z* du pince-ſpiral doit porter ſur un coqueret d'acier, qui n'eſt pas repréſenté, mais qu'il eſt facile de ſe figurer. Le pont *Y q* du rouleau 2, & les ponts des rouleaux 1 & 3, doivent également porter des coquerets d'acier trempé très-dur, pour recevoir les bouts des pivots des rouleaux; le pivot inférieur de la roue d'échappement *S*, & celui de la roue de ſecondes *R*, doivent de même rouler ſur des coquerets d'acier : enfin le pivot ſupérieur de l'axe du balancier doit auſſi être retenu par un coqueret d'acier, afin qu'en cas de ſecouſſes violentes, le balancier, en remontant, ſoit retenu par le bout de ſon pivot, & non de la portée de ce pivot.

457. La boîte du pince-ſpiral n'eſt pas repréſentée dans le profil, parce qu'étant vue de face, elle auroit caché le bout *p* de l'axe de balancier; mais on peut voir le pince-ſpiral de la petite Horloge, n° 36, Planche III, fig. 1, & dont la diſpoſition eſt la même. (Voyez-en la deſcription, n° 309). On n'a pas repréſenté dans le profil ni la lame compoſée, ni le pont qui la porte, parce qu'elle eſt vue de face, & qu'elle auroit nui au profil qui eût été moins intelligible; d'ailleurs cette partie étant la même que dans l'Horloge, n° 36, on peut recourir à la Planche III, fig. 1, & à la deſcription du n° 309).

458. Les lignes ponctuées 4, 5, 4, 5, repréſentent deux des piliers de la cage du rouage : la partie 4 eſt l'aſſiette qui ſert à fixer ces piliers à la platine *A A*.

Les lignes ponctuées, 6, 7, 6; 7, repréſentent deux des piliers de la cage du Régulateur; les parties 6, 6, ſont les aſſiettes de ces piliers, qui ſont rivés ſur la platine *C C*.

459. 8, 9, eſt un des ponts qui ſert à porter la poulie de renvoi *I*, de la corde du poids; la patte 8 eſt attachée ſur le deſſus de la platine *B B*, par une vis & deux pieds.

460. 10, 11; 10, 11, ſont les ponts des poulies du poids, les pattes 10, 10, ſont attachées ſur le deſſus de la platine

D D, chacune par une vis & deux pieds, & les parties 11, 11, reçoivent chacune un des pivots des poulies *K*, *L*; les deux autres pivots de ces poulies roulent dans les trous de deux autres ponts pareils à ceux 10, 11, & qui ne peuvent être vus dans le profil.

461. Le poids *EE*, qui est rond, est de plomb; il est fixé par son centre sous la platine *D D*. Je n'ai pas représenté ici les trois bras servant à fixer la course du poids, & à empêcher son balancement dans le tambour; on peut aisément se les figurer. J'en ai seulement indiqué la position par les entailles faites en *I*, *K*, *L*, à la platine *BB*, fig. 4.

462. Je dois observer ici que la figure 2 représente la hauteur totale de l'Horloge, le poids étant supposé être descendu jusques au fond du tambour.

463. La platine-cadran *A A*, doit être attachée par 4 vis, sur le rebord pratiqué à cet effet à la batte, & cette batte elle-même doit être attachée par 4 vis au tambour. La batte porte une lunette comme nos pendules à cartels ; & cette lunette porte une glace, laquelle est percée d'un trou pour le passage de la clef, lorsqu'on veut remonter l'Horloge; ce trou doit être ensuite recouvert par un bouchon, pour empêcher le passage de la poussiere; & l'on est par-là dispensé d'ouvrir la lunette à chaque fois qu'on remonte l'Horloge, ce qui introduiroit nécessairement plus de poussiere.

Plan de l'Horloge.

464. J'ai disposé dans ce plan, de la maniere que je le fais toujours, tout ce qui appartient au mouvement de l'Horloge, roues, pignons, piliers, ponts, rouleaux, place des vis, &c. & je perce les trous de toutes les pièces, ainsi que les trous des tenons, qui doivent être faits aux platines, pour percer sur l'une & sur l'autre platine la place des pièces qui leur appartiennent. Par ce moyen, un plan bien distribué facilite beaucoup l'exécution de la machine. Pour faire ce

plan, je prens une plaque de cuivre mince, de la grandeur de la platine des piliers : c'eſt ſur cette plaque que le plan eſt tracé, & les trous percés, & que l'on peut, par ſon moyen, tranſporter ſur l'une ou l'autre platine la véritable poſition d'une roue ou d'autres pièces (a) ſur une des faces du plan ou calibre. Je trace tout ce qui appartient au rouage d'échappement, &c; & ſur l'autre face, je trace tout ce qui appartient au Régulateur, & à la compenſation, &c.

Planche VI, fig. 3.

465. *AA*, fig. 3, repréſente le plan du rouage, ou le dehors de la platine-cadran; ſur cette platine ſont rivés les piliers, 1, 2, 3, 4; *cO*, *dO*, eſt l'ouverture faite à la platine-cadran, pour voir les heures qui ſont gravées ſur le cadran des heures, porté par la roue de cylindre; *s* eſt l'index porté par la platine, pour indiquer l'heure; *B* eſt le cadran de minute attaché ſur ſa platine *AA*, & *CC*, une portion du cadran de ſecondes, porté par la même platine.

466. *GG*, eſt la roue de cylindre ou des heures; cette roue a 192 dents, & 24 lig. de diamètre, & demi-lig. d'épaiſſeur. *F* eſt le rochet du reſſort auxiliaire, qui ſert à faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte : le reſſort auxiliaire eſt placé entre le rochet *F*, & la roue *G*; *HH* eſt le cylindre : la lig. *ab*, repréſente la direction de la corde du poids, qui paſſe ſur la poulie de renvoi, 1, 8, 9; 8, 9, ſont les ponts ſur leſquels les pivots de la poulie tournent; *xy*, eſt le cliquet du rochet auxiliaire *FF*.

467. La roue de cylindre *GG*, engrene dans le pignon de minute *e* : le cercle *PP*, repréſente la roue de minute; cette roue a 128 dents & 16 lig. de diamètre; le pignon *e* a 16 dents & 2 lig. de diamètre.

468. La roue de minute *P* engrene dans le pignon *g*, lequel a 16 dents & 2 lig. de diametre; ce pignon porte la roue moyenne *QQ* : cette roue a 120 dents & 15 lig. de

(a) Voy. *Traité des Horloges Marines*, N° 1155 & ſuiv.

de diamètre, elle engrène dans le pignon *k* qui est celui de secondes, il a 16 dents & 2 lig. de diamètre.

469. *R R* est la roue de secondes, de 96 dents & 10 lig. de diamètre; cette roue engrene dans le pignon *k* de la roue d'échappement; ce pignon a 16 dents & 1 lig. $\frac{8}{12}$ de diamètre.

470. La roue d'échappement *S S* a 10 dents & 6 lig. de diamètre : *U*, *t*, *k* est le pont de cette roue, lequel doit être attaché sur le dessus de la seconde platine.

471. *m*, *n*, *o* est le ressort-détente d'échappement : *p*, *q*, *r* le *ressort-levée*, & *l*, *r*, *o* le cercle d'échappement; *T*, *u*, *l* est le pont du pivot supérieur de l'axe de balancier.

472. Le petit cercle *M* indique la vraie position du crochet qui supporte la corde du poids, pour que les parties *b c*, *L M* de la corde soient paralleles entr'elles, & que le poids soit au centre de la cage, afin qu'il descende librement sans frotter au tambour : le point opposé *b* est celui par où descend la corde.

473. 5, 6, 7, représentent la place des piliers de la cage du balancier.

474. *B B*, fig. 4, représente le dehors de la seconde platine du rouage; 1, 2, 3, 4 sont les pivots des piliers de la cage du rouage : *C C* est la platine sur laquelle sont rivés les trois piliers 5, 6, 7, pour former avec la platine *B B* la cage du balancier.

475. *X X* est le balancier : 1, *R*; 2, *R* & 3, *R*, sont les rouleaux entre lesquels tourne le pivot d'en bas de l'axe de balancier; ces rouleaux sont mis en cage par la platine *C C*, & par les ponts *E*, 1, *R*; *Y*, 2, *R* & *D*, 3, *R*, attachés à cette platine.

476. *H d*, est le pont de la lame de compensation; il porte en *d* une plaque qui sert de mâchoire pour y fixer la lame *d* au moyen de deux vis; le bout *l* de la lame de compensation *d l* porte une vis *e*, dont le bout agit sur le bras *f* du pince-spiral *g f*.

477. La vis *e* sert à former la compensation par l'action de la lame, selon qu'on la fait agir plus près ou plus

S

loin du centre *i* du pince-spiral, & on obtient cet effet en desserrant la machoire *k* du pont *H*, & en rendant la lame un peu plus longue ou plus courte : la même vis *e* sert aussi à régler l'Horloge au plus-près.

478. *Z*, *v*, *bb*, est le premier pont du pince-spiral, dont la patte *Z* est attachée sur la platine *C C*; *a a*, *b b* est le second pont : ces deux ponts forment la cage dans laquelle roulent les pivots de l'axe du pince-spiral : *h i* est le ressort qui presse le pince-spiral, afin que le bras *f* appuie continuellement sur le bout de la vis *e*, portée par la lame de compensation *d l*.

479. *F G* est un pont attaché à la platine *C C*, il porte en *G* le piton *G* du spiral.

480. Les cercles *b* & *M* indiquent les trous faits à la platine *C C* pour le passage de la corde du poids.

I, *K*, *L* marquent les entailles faites à la platine, *B*, *B* pour le passage des bras d'arrêts portés par la platine du poids.

De la suspension de l'Horloge, N° 38, à poids.

481. J'ai donné dans le Chapitre XI, n° 335 & suivants, la description de la suspension destinée à la petite Horloge à ressort n° 37. Cette suspension qui est fort simple, peut être également employée dans l'Horloge à poids que je viens de décrire : je me bornerai donc à donner ici les dimensions de la suspension & de la caisse pour l'Horloge à poids.

482. Le cercle de suspension *I I*, planche VI, fig. 5, doit avoir 6 pouces de diamètre en dehors & 5 pouces $\frac{1}{2}$ en dedans : par conséquent son épaisseur sera de 3 lignes, sa hauteur doit être de 7 lig.

483. Le centre de suspension du tambour doit être placé à la hauteur marquée *S S*, planche VI, fig. 2 ; c'est d'après cette élévation du centre de mouvement de suspension que

j'ai déterminé les dimenſions de la caiſſe qui contient la ſuſpenſion de l'Horloge à poids, & en ſuppoſant la maſſe de plomb miſe au-deſſous du tambour de 10 lig. de hauteur.

484. La hauteur doit être en dedans de 10 pouces $\frac{3}{4}$. Sa largeur doit être, en quarré, de 10 pouces $\frac{1}{2}$ en dedans.

CHAPITRE XVII.

Horloge à Longitude, verticale, à poids.

Conſtruction la plus ſimple à donner à une Horloge à Longitude.

485. MON but, en compoſant cette nouvelle Horloge, a été de la rendre la plus ſimple poſſible, & de maniere à être exécutée facilement par un Horloger ordinaire dans un port, afin de la faire ſervir dans la marine marchande.

486. Pour remplir ce double objet, je fais cette Horloge à poids & verticale; le rouage ne ſera compoſé en tout que de quatre roues, y compris celle d'échappement & de trois pignons; la roue de ſecondes ſert en même-temps à l'échappement, elle a 30 dents.

Les vibrations du balancier ſont d'une ſeconde & l'aiguille fait un battement en deux ſecondes, l'échappement eſt celui à vibrations libres à *reſſort-détente*, &c.

487. Le mouvement eſt compoſé de trois platines de 42 lig. de diamètre; les deux premières forment la cage du rouage; la deuxieme & troiſieme platine celles du balancier placé au centre des cages: un des pivots du balancier tournera dans le trou d'un coqueret placé au dehors de la platine des piliers, il ſera fort éloigné du balancier, & ne ſupportera par conſéquent qu'une très-petite partie du poids du balancier; l'autre pivot ſera au contraire fort près du balan-

S 2

cier : celui-ci roulera sur deux rouleaux placés en dehors de la platine de la cage du balancier : les pointes des pivots de balancier seront maintenues par des coquerets d'acier trempés fort dur. Ces deux rouleaux auront chacun un pont.

488. Le spiral est de mêmes forces & dimension que celui de la petite Horloge n° 36. Le balancier a 36 lig. de diamètre & pese 320 grains; les deux rouleaux ont 18 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, leurs pivots, $\frac{6}{48}$.

489. La cheville ou index porté par le balancier pour marquer les degrés décrits, est placée de sorte qu'elle marque l'intervalle entre les deux battemens de l'aiguille de secondes, & par ce moyen on peut compter les secondes comme si l'aiguille les battoit une à une : c'est au retour du balancier que l'index paroît, & non au moment où se fait l'échappement.

490. La compensation du chaud & du froid est produite par une lame composée.

491. On peut employer au besoin le compensateur isochrone pour faciliter l'isochronisme, si on ne l'obtient pas par le spiral.

Du Rouage.

492. La roue de cylindre fait un tour en 12 heures, elle porte le cadran des heures : cette roue a 192 dents & 19 lig. $\frac{3}{4}$ de diamètre; elle engrène dans le pignon de la roue de minutes, lequel a 16 dents & 1 lig. $\frac{8}{12}$ de diamètre.

493. La roue de minute a 128 dents, son diamètre 13 lig. $\frac{2}{12}$, elle engrène dans le pignon de la roue moyenne qui a 16 dents & 1 lig. $\frac{6}{12}$ de diamètre.

494. La roue moyenne a 120 dents, son diamètre 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$, elle engrène dans le pignon de secondes, qui a 16 dents & 1 lig. $\frac{8}{12}$ de diamètre.

495. La roue de ſecondes ou d'échappement a 30 dents & 13 lig. de diamètre, le cercle d'échappement 3 lig. $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre.

496. Rochet auxiliaire 96 dents & 17 lig. de diamètre.
Rochet d'encliquetage 60 dents & 13 lig. de diamètre.

497. Pivot de la roue des heures, 1 lig. $\frac{4}{12}$.
De minutes, $\frac{12}{48}$.
Moyenne, $\frac{9}{48}$.
De ſecondes échappement, $\frac{8}{48}$.
Des rouleaux, $\frac{6}{48}$.
Pivot de balancier qui tourne dans les trous, $\frac{5}{48}$.
Celui qui tourne ſur les rouleaux, $\frac{16}{48}$.

Epaiſſeur des roues.

Roue des heures, 0 lig. $\frac{24}{48}$.
Rochet auxiliaire, $\frac{20}{48}$.
Rochet d'encliquetage, $\frac{24}{48}$.
De minutes, $\frac{19}{48}$.
Moyenne, $\frac{14}{48}$.
Seconde échappement, $\frac{12}{48}$.
Rouleaux, $\frac{12}{48}$.
Reſſort auxiliaire, $\frac{24}{48}$ diamètre, 10 lig.

Deſcription de l'Horloge verticale à poids.

PLANCHE V.

498. La fig. 1, repréſente l'Horloge placée dans ſa boîte avec ſa ſuſpenſion; *A A* eſt un tambour en cuivre dans lequel le mouvement de l'Horloge eſt placé; *B B*, la ſuſpenſion attachée à ce tambour pour conſerver à l'Horloge la poſition verticale malgré les agitations du vaiſſeau : *C C* eſt la platine-cadran; *a* l'ouverture faite à cette platine pour

voir les heures gravées sur le cadran de la première roue du mouvement ; *b* le cadran de minutes, & *c* celui de secondes.

499. Sur la partie inférieure du tambour *A A* est attaché la boîte *D, D, E, E,* servant de tuyau de descente au poids moteur de l'Horloge ; *F* est le poids, lequel est de forme quarrée comme le tuyau, dans lequel il ne peut que descendre librement sans pouvoir tourner sur lui-même ni balotter ; *G* est la chappe portant la poulie, sur laquelle la corde à boyau s'enveloppe pour porter le poids en le *moufflant*.

500. *C C*, fig. 2, représente le dehors de la platine des piliers du rouage ou *platine-cadran*, sur laquelle est tracé le plan du rouage & de l'échappement : 1, 2, 3, 4 sont les piliers de cette premiere cage ; 5, 6, 7 la place des piliers de la cage du balancier ; *A* est la roue de cylindre ou des heures, *a* une portion du cadran des heures que porte cette roue ; *F* est le cylindre sur lequel la corde du poids s'enveloppe : cette roue des heures porte un rochet, & le ressort auxiliaire pour faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte : ce méchanisme a été suffisamment détaillé dans le *Traité des Horloges Marines* ; ce qui m'a dispensé de le représenter de nouveau dans ce Supplément.

501. *B* est la roue de minutes & *d* son pignon, dont le pivot prolongé porte l'aiguille : *D* la roue moyenne, *e* son pignon.

502. *E* est la roue d'échappement & de secondes, *f* son pignon, dont le pivot prolongé porte l'aiguille de secondes : *g* est le cercle d'échappement porté par l'axe du balancier placé au centre des cages : *h, i, l,* le *ressort-levée* d'échappement porté par le cercle *g* ; *m, n, l,* le *ressort-détente* d'échappement.

503. *b* est une portion du cadran de minutes attaché à la platine *C C*, & *c* une portion du cadran de secondes porté par la même platine.

504. *D, D* fig. 3, représente le dehors de la troisieme platine ; elle porte trois piliers, 5, 6, 7, qui, avec la deuxieme

platine du rouage, forment la cage du balancier ; 1, 2, 3, 4 repréſentent la place des quatre piliers du rouage.

505. *A A* eſt le balancier : *B*, *C*, les deux rouleaux qui ſupportent le pivot du balancier : l'autre pivot du balancier roule dans un trou de la platine-cadran ; par ce moyen, ce dernier pivot ne ſupporte qu'une très-petite partie de la peſanteur du balancier, comme on l'a vu dans l'Horloge n° 36 (voy. planche III fig. 1) & ici c'eſt la même diſpoſition ; *E*, *F* ſont les ponts des rouleaux *B* & *C*.

506. *G g* eſt la lame compoſée pour produire la correction du chaud & du froid : le bout *G* de cette lame eſt attaché & rendu fixe en *G*, ſur le pont *N*, au moyen de la mâchoire & de deux vis de preſſion : le bout *g* de la lame porte la vis *i* dont le bout agit ſur le bras *h* du pince-ſpiral *i*, *h*, mis en cage ſur le pont *H g*.

507. *K* eſt le piton du ſpiral ; ce piton eſt porté par le pont *I K* ; la patte *I* de ce pont eſt attachée à la platine *D D* par une vis & deux pieds ; & le bout *K* eſt élevé à la hauteur néceſſaire pour paſſer au-deſſus du rouleau *C*.

508. *h m* eſt un reſſort attaché en *K* par une vis & preſſé en *m* par la vis du piton : ce reſſort tient lieu de virole pour cette vis *m* ; l'objet de ce reſſort eſt de ſervir à fixer le piton ſans le faire tourner au moyen de ce *reſſort-virole k m*, qui ne peut qu'appuyer ſans brider le ſpiral.

509. *L* eſt le rouleau du compenſateur ; *k r* ſa chappe, *o n* le reſſort & *M o* le pont à mâchoire qui fixe le bout extérieur *o* du reſſort compenſateur : *q* l'index du pont *M*, qui marque ſur la platine *D D* la quantité de bande que l'on donne ou qu'on ôte au reſſort-compenſateur. Le pont *M*, *o*, *q* eſt attaché à la platine *D D* ; la mâchoire eſt élevée au-deſſus de cette platine de la quantité requiſe pour faire agir le rouleau *L* du compenſateur ſur *l'excentrique* porté par l'axe du balancier au-dehors de la virole de ſpiral & au-deſſous de la partie *P* du pont *H*, *P*, *g* du pince-ſpiral.

CHAPITRE XVIII.

Description d'instruments, & outils servant aux Horloges & aux Montres à Longitude.

PLANCHE VII.

ARTICLE I.

Instrument à graduer les cadrans, limbes, &c.

§ 10. UN usage essentiel que j'ai ajouté à la machine à fendre, c'est celui de diviser & de graduer en même-temps les cadrans, limbes, &c: des Horloges à Longitude, en donnant à ces divisions une grande justesse, beaucoup de propreté & de promptitude dans l'exécution.

§ 11. Pour obtenir d'une façon simple cette propriété de la machine à fendre, j'ai fait un burin figuré convenablement pour former des graduations; ce burin se fixe sur l'arbre ou porte-fraise, de maniere à ne pouvoir tourner: l'*H* ou porte-fraise, au lieu d'être mobile sur le *coulant* de la platte-forme, est mobile sur une seconde *H*, qui elle-même est mobile sur le *coulant*.

Le mouvement composé de ces deux *H* en produit une au burin qui se fait en ligne droite dirigée au centre de la platte forme; ce mouvement forme donc des rayons gradués à la pièce que l'on veut diviser : maintenant pour borner le mouvement du burin ou *tracelet* selon la longueur des divisions ou degrés que l'on veut faire, j'ai placé sur le dehors de la vis du porte-fraise un bras fait en acier, qui porte deux boîtes ou mâchoires qui vont répondre à la vis fixe de la seconde *H* mobile autour du *coulant* : ces deux mâchoires sont mobiles à volonté sur le bras qui les porte &

& on les fixe par des vis de pression sur leurs bras communs, selon que les divisions sont plus ou moins longues : & par ce moyen on divise & on gradue en même-temps les divisions quelconques, sans risque de passer les cercles de division qui les limitent, & que l'on fait avec le compas.

§ 12. Les cadrans ou *limbes* que l'on veut graduer s'attachent & se fixent sur des tasseaux de la machine à fendre, comme on le fait pour les roues que l'on veut fendre ; & la platte-forme sert de diviseur au moyen des divers nombres qu'elle porte, & de l'alidade qui la fixe sur ses points de division.

§ 13. La fig. 1, (*a*) Planche VII, représente la disposition de la machine à fendre, pour diviser & graduer les cadrans d'après l'idée que nous venons d'en donner ; *R* est le cadran que l'on veut graduer ; il est attaché & fixé sur un tasseau de la machine ; *O O F* l'arbre de la platte-forme, sur lequel le tasseau lui-même est rendu fixe à l'ordinaire ; *P P* une portion de la platte-forme ou diviseur, & *S o* l'alidade ; *C*, *E*, *F*, *A* une portion du chassis de la machine à fendre, dont la partie *E L* porte le *coulant*, & le support *Æ Y* ; c'est sur le support *Æ Y* que le double *H H* est mobile ; l'*H* ou porte-fraise est lui-même mobile sur la partie *h g* du double *H H*, au moyen des pointes des vis 3, 4 de l'*H* ou porte-fraise, pour produire le mouvement composé qui sert à faire décrire au burin, ou *tracelet T*, la ligne droite qui fait la graduation.

§ 14. Le bras *B B* qui porte les boîtes-mâchoires, *G*, *K*, est fixé à l'*H* au moyen de l'écrou de la vis 1, & en *z* porte une fourchette qui embrasse l'épaisseur de l'*H* pour empêcher ce bras & les boîtes à mâchoires de tourner séparément de l'*H* : chaque boîte à mâchoires *G* & *K* se fixe sur le bras qui les porte par une vis : ce sont ces boîtes qui, comme nous l'avons dit, déterminent la

(*a*) La portion de machine à fendre ici représentée, fait partie de la machine à fendre, dont j'ai donné la Description. *Essai sur l'Horlogerie*, N° 428, & vue Planche XVI de l'Essai.

courſe plus ou moins étendue du burin ou *tracelet* T ſur le plan du cadran.

515. *X* eſt une fourchette portant en *z z* un trou pour entrer ſur l'arbre à fraiſe ; l'écrou *p* de cet arbre fixe en même-tems cette fourchette & le *tracelet* *T* ; la partie *X* de la fourchette embraſſe l'épaiſſeur de l'*H*, ce qui fixe & empêche de tourner & l'arbre même, & le *tracelet* qu'il porte.

Le *tracelet* porte deux burins de différente épaiſſeur, ſelon la force que l'on veut donner aux graduations ; il porte dans ſon milieu, au lieu d'un trou, une ouverture allongée pour le placer ſur l'arbre à fraiſe, afin de pouvoir démonter ce *tracelet* de deſſus le porte-fraiſe ſans démonter celui-ci, mais tout ſimplement en deſſerrant l'écrou de ce porte-fraiſe: & cela eſt néceſſaire lorſque l'on veut réparer la pointe du burin ou émouſſée ou caſſée.

516. Pour graduer une pièce quelconque, il faut toujours commencer par les plus grandes diviſions : ainſi en ſuppoſant que le cadran *R* ſoit celui des minutes, il faut graduer les diviſions de 60′, de 5′, de 10′ &c. Mais il faut faire en même-tems paſſer le burin dans le cercle de diviſion des minutes : le trait eſt plus net, & l'opération plus courte que ſi l'on faiſoit d'abord les petites diviſions des minutes, & enſuite celle des chiffres, 60′, 5″, 10′; & lorſque le cadran eſt ainſi diviſé en 12 parties, il faut raccourcir ſur le *coulant* à mâchoires la courſe du *tracelet*, afin qu'il ne parcourre que le chemin requis pour les diviſions des minutes.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails ſur la diſpoſition de l'outil à graduer les cadrans : la courte deſcription que je viens d'en donner, & l'inſpection de la figure, ſont je crois ſuffiſant.

ARTICLE II.

PLANCHE VI.

Instrument servant à éprouver l'Horloge à Longitude, pour l'Isochronisme, & par la position horisontale & inclinée.

517. L'instrument représenté Planche VII, fig. 2, a deux usages ; le premier de servir aux épreuves de l'isochronisme, soit pour une petite Horloge à Longitude, soit pour une Montre, en faisant décrire différents arcs au balancier. Pour cet effet, l'Horloge étant horisontale, on adapte sur le quarré de fusée un canon dont le trou est quarré ; ce canon porte le cylindre *A*, sur lequel s'enveloppe une corde à boyau qui passe sur la poulie de renvoi *B* ; au bout de cette corde est attaché un poids *P*, qui sert à augmenter ou à diminuer l'action du ressort-moteur selon le sens où la corde est enveloppée sur le cylindre ; dans l'un, son poids ajoute à la force-motrice, & dans l'autre, ce poids *P* sert de contre-poids. La chappe de la poulie *B*, a sur son pied *D*, un mouvement qui sert à changer la direction de la corde selon le sens où on veut l'employer, c'est-à-dire, selon que l'on veut augmenter ou diminuer l'étendue des arcs décrits par le balancier. Le second usage de cet instrument est pour éprouver l'Horloge ou la Montre par diverses positions horisontale, verticale ou inclinée : pour cet effet, la platine *F F* qui porte la main *R R*, sur laquelle on place une petite Horloge ou une Montre *G G*, a un centre de mouvement en *H*, & au lieu de la position horisontale, elle peut devenir verticale ou inclinée, & le nombre de degrés d'inclinaisons est marqué par l'index *I*, sur le quart de cercle *K K* divisé en 90 degrés.

La branche *L M*, qui supporte cet instrument, est fixée en

M ſur un pied ſolide *N*, rempli de plomb ; cette branche doit être quarrée & ſolide.

518. La fig. 3 repréſente l'équipage de la poulie qui ſert aux épreuves des grandes Horloges ; il s'attache ſur le tambour : *A* eſt la poulie de renvoi ; *B*, *C*, *D* ſa chappe ; la patte *D* s'attache ſur l'équerre *E* ; la patte *F* de l'équerre eſt attachée ſur la pièce *F G*, afin de pouvoir faire tourner horiſontalement la poulie & l'incliner de droite ou de gauche, ſelon que l'on veut ajouter au moteur ou en ôter. La partie *H* de la pièce *F G* s'applique contre le tambour de l'Horloge, & s'y attache par une vis.

ARTICLE III.

PLANCHE VI.

Compas à Mychromètre, pour la meſure de l'épaiſſeur des lames des reſſorts-ſpiraux réglant.

519. On a vu dans le *Traité des Horloges Marines*, qu'une condition indiſpenſable pour obtenir l'iſochroniſme des vibrations du balancier par le ſpiral, eſt que la lame de ce reſſort ſoit faite en fouet, le plus fort au centre, & dans une progreſſion que j'ai déterminée par l'expérience, (voy. premiere Partie du préſent Ouvrage, n° 25, 29 &c.). Or, pour donner les dimenſions convenables aux lames de ces reſſorts, il eſt néceſſaire de pouvoir les meſurer avec une extrême préciſion. C'eſt à cet uſage que le compas, repréſenté fig. 4, eſt deſtiné : & il falloit de plus diſpoſer un outil pour calibrer la lame de ce reſſort ſelon la progreſſion donnée & meſurée par le compas. Cet outil à calibrer eſt repréſenté fig. 5.

Description & dimensions du Compas à Mychromètre.

Planche VI, *fig.* 4.

520. Ce compas est formé par la portion de cercle *A B*, dont le centre est en *A*. La portion de cercle *B* est graduée en demi-degré du cercle sur la machine à fendre selon la méthode indiquée (n° 513 & suiv.); au centre *A* est mobile sur deux pivots l'index *A d*: *C* est le pont de cet index. Le limbe *AB* porte le levier *D*, *E*, *F*, mobile en *D* sur deux pivots, dont l'un roule dans un trou fait en *D* sur le limbe, & l'autre, dans le pont *G*, attaché par une vis sur le limbe. Le limbe *A B* porte en *E* un petit pont d'acier fixé par une vis & deux pieds; le bec *a* de ce pont forme avec le bras *D E* du levier, la pointe du compas; c'est une espèce de mâchoire dans laquelle on introduit la lame du ressort que l'on veut mesurer : le grand bras *F* du même levier porte en *b* une boîte ayant une vis, dont le bout agit sur le talon *c* de l'index *A d*, & fait décrire à la pointe *d*, un angle dont le nombre de degré est la mesure de l'épaisseur du ressort.

L'index *A d* est pressé vers son centre par un ressort *f*, afin que le bout du levier appuie sur le talon *a* qui l'arrête & qu'en cet état l'index réponde au o degré de la division du limbe. Le talon *a* est fixe; il est d'acier & attaché au limbe *B* par une vis & deux pieds; la vis portée par la boîte *b* sert à ramener l'index à o; cette boîte *b* est fixée par une vis sur le bout *F* du levier, mais on peut la faire approcher ou écarter du centre *A*, pour augmenter ou diminuer son effet sur l'index, c'est-à-dire, pour rendre le compas plus sensible : je lui ai donné cette disposition, afin que chaque division du limbe répondît à la deux-centieme partie d'une ligne, & c'est à quoi je suis parvenu en approchant convenablement la boîte *b* du centre *A* de l'index

521. Dimensions du compas à mychrometre.

Index, 38 lig $\frac{1}{2}$.

Diſtance des centres de l'index & du levier, 29 lig.

Petit bras du levier, 3 lig. $\frac{7}{12}$.

Point de contact du grand levier ſur l'index diſtant de 4 lig. du centre de l'index.

ARTICLE IV.

Machine à calibrer les lames des reſſorts-ſpiraux réglans.

522. La fig. 5 repréſente en action la machine dont je me ſers, pour calibrer les lames des reſſorts-ſpiraux; elle eſt compoſée d'un doſſier comme celui d'une ſcie lequel ſert à tendre la lame, & la rend fixe, & d'une mâchoire preſſée par un poids pour uſer la lame & l'égaliſer. *A*, *B*, *C*, *D*, *M* eſt le doſſier qui porte en *A* & en *B* des pinces pour fixer chaque bout de la lame : le ſupport *B* du doſſier ſe fixe au point que l'on veut de la barre *D M*, ſelon que la lame eſt plus ou moins longue; *E* eſt une vis qui ſert à tendre la lame *a b* du reſſort ; la pince *A* peut également ſe tendre par une vis du manche *F* : le dedans & le dehors de la barre du doſſier ſont gradués en pouces, afin d'eſtimer la diminution progreſſive de la lame en l'uſant. La mâchoire pour uſer le reſſort, eſt formée de deux principales pièces, l'une inférieure *I G*, qui s'attache à l'étau par un talon qu'elle porte en deſſous : l'autre ſupérieure *H Q* porte en *L* & en *K* deux vis, dont les pointes entrent dans des points faits à la pièce ou ſupport *G I* : ce qui forme le centre de mouvement de la mâchoire : chaque patte *G* & *H* porte des couſſinets d'étain mis en queue d'aronde pour pouvoir en changer : ce ſont ces couſſinets entre leſquels paſſe la lame pour être uſée & égaliſée au moyen d'émeril fin ou de rouge.

P eſt le poids qui preſſe la mâchoire, & *Q* une vis pour ſoulever la machoire ſupérieure, lorſqu'on veut dégager la

lame pour retourner le dossier, & changer la lame de côté. Ceci n'a pas besoin du plus grand détail; l'inspection de la machine eût dû suffire.

ARTICLE V.

PLANCHE VI.

Spiral prêt à tremper.

523 La figure 6 représente un spiral fixé par 4 brides & 4 chassis, pour maintenir la figure du spiral, pendant qu'on le trempe: voy. Chap. III, la maniere dont on fait les entailles des brides. *SS* est le spiral *AB*, *AB*, &c. les *brides*; *CD*, *CD*, &c. les *chassis* qui fixent les brides, & tiennent le spiral.

AB, fig. 7, représente le couteau d'étain, ou matrice, & *CD* un chassis.

524. La fig. 8 représente un dossier de petite scie, pour faire les entailles aux brides des ressorts que l'on veut tremper; ce dossier sert à régler également l'enfoncement de chaque entaille des brides.

525. La figure 9 représente un outil fort utile & très-bien imaginé, pour faire des creusures aux platines. Il est composé d'une *patte AA*, qui s'attache sur la platine; cette patte qui est d'acier, porte verticalement le canon *BB*, dont le trou est cylindrique. Dans ce trou entre juste & librement *C*, une broche d'acier aussi cylindrique, dont le bout *D* est angulaire, pour former la creusure que l'on fait plus ou moins profonde, selon que l'on fait monter ou descendre la piece *F*, mise à vis sur le dehors supérieur du cylindre. La broche *C*, porte un petit canon *D*, qui se fixe par une vis sur cette broche; c'est ce canon d'acier, qui sert à faire plus ou moins descendre le bout angulaire *D*, selon le besoin, pour former la creusure. La vis *E* fait le reste par son mouvement de rappel.

Je fais servir le même outil pour percer & agrandir parfaitement droits les trous des pivots de mes Horloges, &c.

CHAPITRE XIX.

Diverses épreuves relatives à l'Isochronisme du spiral, & au méchanisme de compensation.

§ 526. Ce n'est qu'après avoir entierement terminé l'Horloge, qu'elle est polie, que l'échappement est fait, de même que le méchanisme de compensation, enfin, que toutes les pieces sont mises libres, que l'on peut travailler à la recherche d'un spiral isochrone. Je suppose donc l'Horloge conduite à ce point, & je vais donner par ordre quelques règles préparatoires à suivre, avant de faire les épreuves servant à trouver l'isochronisme par le spiral.

Première épreuve, pour déterminer précisément le jeu convenable à l'axe de balancier entre les rouleaux.

§ 527. Il est fort important, pour la justesse de l'Horloge, que l'axe de balancier soit *immuable* entre les rouleaux, & qu'il soit cependant libre : car s'il a trop de jeu, cela trouble l'isochronisme ; & les arcs de vibration ont aussi moins d'étendue. Il faut donc donner le moins de jeu qu'il est possible aux pivots des rouleaux : les pivots & les rouleaux doivent être tournés parfaitement ronds, & il faut enfin que l'axe n'ait de jeu entre les rouleaux que celui qui est indispensable.

§ 528. Pour déterminer ce jeu avec la plus grande précision, je fais marcher l'Horloge dans sa position naturelle, qui est l'horisontale ; le mouvement étant dehors de son tambour, je rapproche peu à peu les rouleaux mobiles par leurs ponts, de sorte que, dans ses vibrations, le balancier étant

porté

porté d'un côté par le ſpiral, les rouleaux oppoſés ſont cependant auſſi entraînés par le mouvement de l'axe; mais le balancier revenant ſur lui-même, ces mêmes rouleaux continuent de tourner du même côté pendant un inſtant, ce qui prouve qu'ils ne gênent pas l'axe; car ſi tous les rouleaux alloient & revenoient comme l'axe de balancier, celui-ci ſe trouveroit gêné.

529. Cette méthode m'a parfaitement réuſſi; l'axe eſt libre, & il n'a cependant pas de jeu; & j'ai obſervé que les oſcillations ſont plus iſochrones, & que l'étendue des arcs ſont au moins de 20 degrés plus grandes qu'elles n'étoient, lorſque ce jeu étoit donné par la méthode indiquée *Longitudes par la Meſure du Temps*, pag. 81 : par celle-ci; je plaçois l'Horloge verticalement; le balancier peſoit ſur 4 rouleaux, & les deux qui ſe trouvoient en haut, devoient tourner ſans toucher à l'axe : mais pour peu que les pivots des rouleaux euſſent trop de jeu dans leurs trous, l'axe de balancier avoit trop de jeu entre les rouleaux, lorſque l'Horloge étoit replacée horiſontalement.

Seconde épreuve, ſervant à connoître ſi toutes les parties du méchaniſme de compenſation, ont le degré de perfection requis.

530. Pour obtenir une juſteſſe conſtante dans la marche de l'Horloge, il eſt de néceſſité abſolue que le méchaniſme de compenſation ſoit *immuable* dans ſes effets; c'eſt-à-dire, qu'après que l'Horloge a changé de température, la compenſation ſoit la même par le même degré du thermomètre : & il faut également qu'après que l'Horloge a reçu quelques ſecouſſes ou agitations, le pince-ſpiral revienne rigoureuſement au même point; car faute de ce degré de préciſion, l'Horloge variera : c'eſt pour eſtimer ces divers effets du méchaniſme de compenſation, que, dans mes Horloges & dans

mes Montres à Longitude, je fixe sur le quarré du pince-spiral, un long index qui répond à un limbe gradué en très-petites divisions, par lesquelles je connois, en appuyant ou en soulevant sur cet index, s'il revient à la même division; mais j'ai éprouvé que cet index n'indique pas encore avec assez de précision la position du pince-spiral (a). J'ai donc suppléé à cette méthode par une autre beaucoup plus sûre; c'est par la marche même de l'Horloge. Pour cet effet, je place le mouvement dehors du tambour, & j'observe quelle est la marche de l'Horloge. Je porte cette marche sur mon Journal; ensuite j'appuie légèrement sur l'index, en le pressant contre le méchanisme de compensation : j'observe de nouveau la marche de l'Horloge, je porte cette marche sur le Journal. Je souleve enfin légèrement (b) le pince-spiral, en l'écartant du méchanisme de compensation, & j'observe la marche de l'Horloge : si dans ces trois épreuves la marche a changé, j'ai une preuve sûre que la force du ressort du pince-spiral n'est pas proportionnelle à la puissance du méchanisme de compensation. Je cherche donc, en diminuant ou en augmentant la tension du ressort, & en répétant les mêmes épreuves, le degré convenable de cette force, c'est-à-dire, le point par lequel les effets du méchanisme sont parfaitement sûrs, & par lequel le pince-spiral reprend toujours sa même position, malgré les secousses ou agitations.

531. Quant aux effets du méchanisme même, il faut, pour le juger d'une manière également rigoureuse, placer l'Horloge dans un étuve, mais d'abord sans feu : la faire marcher pendant quelque temps par la température moyenne, noter sa marche & le degré du thermometre que je suppose de 10 degrés; ensuite

(a) Pour juger de l'extrême précision que le méchanisme de compensation exige dans ses effets, nous allons en faire le calcul. Dans ma petite Horloge n° 36, lorsque j'ai suspendu l'effet de la compensation, l'Horloge étant réglée par 24 deg. du thermometre, elle a avancé de 20" par heure par le froid de la glace = 480" en 24 heures; & pour corriger cette quantité, le pince-spiral ne parcourt que $\frac{1}{3}$ de ligne; donc la 480e partie d'un tiers de ligne répond à une seconde en 24 heures, donc la $\frac{1}{1440}$ partie d'une ligne, dans le mouvement du pince-spiral, répond à une seconde de tems en 24 heures.

(b) On peut faire les mêmes épreuves en frappant légèrement le mouvement de l'Horloge, ou en lui donnant de légères agitations : si le méchanisme n'est pas *immuable*, la marche de l'Horloge en sera affectée.

faut chauffer l'étuve & l'Horloge, jusqu'à ce que le thermomètre soit monté à 24 degrés, noter la marche de l'Horloge, éteindre les lampes, & laisser marcher l'Horloge par 10 degrés. Si la marche, par ce dernier degré, est la même qui avoit été reconnue d'abord au même degré, c'est une preuve que les effets du méchanisme sont sûrs; mais si elle diffère, cela annonce un vice, soit dans le chassis, soit dans la lame composée.

Nous observerons ici qu'avant de faire cette dernière épreuve, on a dû faire celle de la force du ressort du pince-spiral, d'après la regle du (N° 530).

532. Nous remarquerons encore que, lorsque l'Horloge marche, le pince-spiral a un petit mouvement causé par les battements du spiral, & ce mouvement a également lieu, quelle que soit la force du ressort du pince-spiral; mais je ne me suis pas apperçu qu'il résultât aucune variation de ce mouvement, qui est d'ailleurs insensible, lorsque le balancier fait 6 vibrations par seconde, que le spiral fait un plus grand nombre de tours, & que le pince-spiral est bien centré.

Sur l'Isochronisme du spiral.

PROPOSITION.

Les plus grands arcs sont plus isochrones entr'eux que les petits.

533. Dans un même ressort, on doit trouver un point plus ou moins approchant de l'isochronisme, selon que le balancier décrit de plus grands ou de plus petits arcs. Or je dis que le balancier décrivant les plus grands arcs, une différence de 10 ou 20 dans ces arcs, causera moins de variation dans la marche de l'Horloge, que la même diminution de 20 degrés n'en causeroit, si le balancier ne décrivoit pas d'aussi grands arcs. Car, dans les ressorts en général, le plus grand accroissement de force se fait au commencement

de la bande, comme on le voit par les fusées qui diminuent considérablement du premier au second tour, & peu dans le haut.

534. La proposition que j'ai faite ici a été vérifiée par toutes les expériences qui l'ont suivie; ainsi on peut regarder comme un principe certain pour arriver à l'isochronisme, qu'il faut que le balancier décrive les plus grands arcs possible; & nous avons prouvé d'ailleurs que dans les grands arcs décrits par le balancier, on obtient une plus grande force de mouvement, sans que les frottemens croissent en même proportion. *Traité des Horloges*, n°. 93, & *Essai sur l'Horlogerie*, n°. 1837.

TROISIEME EPREUVE.

Des limites qui fixent l'étendue des arcs décrits par le balancier dans les Horloges à Longitude.

535. C'est un avantage essentiel de faire décrire les plus grands arcs possibles au balancier d'une Horloge à Longitude; car 1° le balancier en acquiert une force de mouvement qui augmente comme les quarrés des arcs : 2°. l'Horloge est moins susceptible des agitations du vaisseau, & des effets de l'artillerie : 3°. le balancier décrivant les plus grands arcs, une diminution de 10 ou 20 degrés dans ces arcs, causera moins de variations dans la marche de l'Horloge, que la même diminution de 20 degrés n'en causeroit, si les plus grands arcs de vibration avoient moins d'étendue : 4°. on parvient plus facilement à rendre les oscillations isochrones. Telles sont les raisons qui m'ont toujours porté à faire décrire au balancier les plus grands arcs, comme 240 degrés, & même jusqu'à 260 degrés; mais il n'est pas toujours possible d'obtenir cette grande étendue d'arcs, parce que le spiral qui est le plus propre à l'isochronisme, se développe si considérablement dans ses tours extérieurs, par les grandes

excursions, que les spires vont batre au piton, ou au derrière du pince-spiral, ou bien en se resserrant, les spires se touchent, & dans l'un ou l'autre cas les oscillations ne peuvent plus être isochrones : voilà donc les vraies limites de l'étendue des arcs du balancier; c'est que, dans les plus grandes oscillations, le spiral ne puisse toucher à quoi que ce soit; d'où l'on voit que l'étendue des vibrations dépend de la nature même du spiral, & du plus ou moins de distance entre les spires, &c. La distance plus ou moins grande entre le piton & le pince-spiral contribue beaucoup encore à borner l'étendue des arcs de vibration; car plus ces deux points sont éloignés, & plutôt le spiral y bat. C'est pour éviter ce défaut, que je place le piton à 70 degrés de distance du pince-spiral. Car lorsque le piton est à 90 degrés, ou au-delà, cela borne les vibrations à une petite étendue : il faut encore que le piton soit placé tout au bout du spiral; car si celui-ci déborde trop, la spire extérieure vient y battre. Lors donc que l'on fait les épreuves pour parvenir à trouver le point, par lequel un spiral est isochrone, il est important, à chaque fois qu'on allonge ou raccourcit le spiral, d'examiner quelle peut être la plus grande étendue des arcs de vibration, pour que le spiral ne batte pas, & régler en conséquence la force motrice; faute de ces précautions essentielles, on croira qu'un spiral n'est pas isochrone, tandis qu'en en faisant usage, il eût peut être été tel qu'on l'exige.

Des épreuves pour l'Isochronisme.

536. Les épreuves du spiral pour connoître s'il est propre à l'isochronisme, exigent les plus grandes précautions, faute desquelles on seroit exposé à mettre au *rebut* un bon spiral, & c'est ce qui m'est souvent arrivé par trop de précipitation. Pour éviter pareil accident, voici les moyens qu'il faut employer.

537. 1°. Je suppose d'abord que le spiral est exécuté d'après

les procédés & dimensions que j'ai détaillés ci-devant, Chapitre III.

538. 2°. Ayant un ressort spiral exécuté selon les dimensions propres, non-seulement à l'isochronisme, mais de plus à l'Horloge, il faut l'ajuster à demeure sur la virole, & que la virole soit tout à fait terminée, afin que si le spiral est jugé propre à l'isochronisme, on ne soit pas obligé de le démonter de dessus sa virole, opération qui seule est capable de changer la nature du spiral. Pour cet effet, il faut dégager la virole près la mâchoire, pour que le spiral, en agissant, ne puisse jamais y toucher, ce qui troubleroit l'isochronisme; le spiral doit être parfaitement centré, & tourner bien droit; les vis de la mâchoire de la virole, tout à fait serrées, afin que le bout intérieur du spiral soit inébranlable.

539. 3°. Lorsque l'Horloge est remontée pour la faire *marcher en blanc*, il faut placer le piton avec toutes les précautions possibles, & de maniere que le bout extérieur du spiral étant fixé très-solidement avec la mâchoire du piton, il soit parfaitement libre & *non forcé*: & cela se fait avec facilité dans mes nouvelles Horloges, au moyen du piton portant 4 vis à caler; mais pour serrer la vis de la mâchoire, il faut soulever le balancier par des cartes, afin que le ressort de suspension soit tendu, & dans son état naturel. Car pour ainsi fixer le piton, l'Horloge se trouve renversée, le cadran étant en bas.

540. 4°. Avant de tremper le pince-spiral, il faut l'ajuster convenablement avec le spiral, & avec le moins de jeu possible, dans la fente, afin que le pin e-spiral ne bride pas en tournant autour du spiral; le pince-spiral doit être tenu le plus léger & dégagé qu'il est possible, en lui conserv nt seulement la solidité relative à la force du spiral : ainsi préparé, il faut le tremper, le faire revenir bleu, l'adoucir & polir la fente, le représenter de nouveau avec le spiral, pour voir si la fente donne la liberté au spiral.

541. Lorsque le méchanisme de compensation est remonté, il faut faire tourner le balancier avec la main, jus-

qu'à ce que la cheville du balancier réponde à 120 degrés, & en l'arrêtant par un frottement, afin de voir si le spiral, dans cet état du balancier, ne touche point au piton ou au derriere du pince-spiral, & dans ce cas, limer de l'un ou de l'autre, si cela se peut sans obstacle, sinon on verra le degré du balancier où le spiral ne touche pas. On notera cette plus grande étendue possible : on fera rétrograder le balancier, afin de voir si le spiral se resserrant, les spires ne se touchent pas au-dessous du degré d'étendue d'arc donné par la premiere épreuve. On notera cette plus grande étendue d'arc possible, afin que, dans les épreuves de l'isochronisme, les arcs décrits par le balancier soient toujours de 3 ou 4 degrés au-dessous de cette limite. Car si le spiral bat, cela rend les grandes oscillations plus promptes, & trouble l'isochronisme, qui auroit peut-être lieu, sans ce défaut de précaution; ensorte que, par-là seul, on peut croire un spiral défectueux, quoiqu'il fût par lui-même propre à l'isochronisme.

542. Je porte sur le Journal cette plus grande étendue des arcs : je fais ensuite marcher l'Horloge, en ajoutant successivement les poids nécessaires, pour que le balancier décrive des arcs de 4 ou 5 degrés, au-dessous de l'arc que j'ai reconnu être celui par lequel les spires battent. Je compare l'heure de l'Horloge à Longitude à celle de l'Horloge astronomique, & porte cette observation sur le Journal: au bout de deux heures je compare de nouveau les tems des deux Horloges, & porte l'observation sur le Journal; ensuite j'ôte des poids du moteur la quantité nécessaire pour faire décrire au balancier 10 degrés de moins de chaque côté, ou 20 degrés d'amplitude; au bout de deux heures, je note sur le Journal la marche de l'Horloge pour cette seconde époque: & si les arcs inégaux ne sont pas isochrones; je raccourcis le spiral, en le faisant saillir hors du piton, mais sans couper cette partie saillante du spiral. Si ce bout empêche les arcs d'avoir librement moins de 120 degrés, j'ôte le spiral, & je fais ouvrir le dernier quart de tour au

moyen des pinces à ſpiraux que je fais chauffer au chalumeau. J'examine de nouveau quelle peut être l'étendue des arcs, ſans que les ſpires battent, je fais marcher l'Horloge avec différents poids, comme dans la premiere épreuve, & ſi ces arcs inégaux ſont plus près d'être iſochrones qu'ils n'étoient d'abord, je continue à raccourcir le ſpiral, & coupe auparavant la partie du ſpiral qui faille le piton : & ainſi de proche en proche, juſques à ce que les oſcillations ſoient iſochrones, ou que le ſpiral ſoit jugé ne pouvoir donner cette propriété.

Lorſque le ſpiral eſt amené fort près du point propre à l'iſochroniſme, il faut augmenter la durée des épreuves, & au lieu de deux heures d'intervalle, en employer ſix.

REMARQUE I.

543. Lorſque les grands arcs décrits par le balancier ſont plus lents que les petits, on eſt aſſuré que le ſpiral peut être rendu iſochrone, en le raccourciſſant; mais ſi les grands arcs ſont plus prompts que les petits, on n'a pas la même certitude; cependant pour juger un ſpiral, il faut le raccourcir, & quand la lame eſt faite en fouet, ſelon les dimenſions que j'ai établies, on parvient également à trouver dans un tel ſpiral un point propre à l'iſochroniſme: mais ſi, dans un ſpiral rendu plus court, les grands arcs ſont plus prompts, & d'une plus grande quantité qu'ils n'étoient à la premiere épreuve; à coup sûr, ce ſpiral ne peut être iſochrone dans aucun point, & il faut en employer un autre.

REMARQUE II.

544. Nous obſerverons ici que, pour faire ces épreuves, il eſt abſolument néceſſaire d'employer, ainſi que je le pratique, les poids d'eſſais avec l'équipage que j'adapte au tambour. Car, avec un reſſort, on ne pourroit pas varier ſelon le beſoin la force motrice; & lorſqu'on a trouvé le point

par

par lequel un ſpiral eſt iſochrone, l'étendue des arcs, & qu'on a réglé l'Horloge par le balancier, on a exactement la quantité de force que le reſſort doit tirer (n° 138). Voy. Chapitre XVIII, (n° 517) la deſcription de cet équipage d'eſſai.

Il faut, à chaque fois que l'on démonte une Horloge à Longitude, revoir l'iſochroniſme du ſpiral.

545. J'ai preſque toujours éprouvé qu'en démontant une Horloge à Longitude, les oſcillations, qui auparavant étoient iſochrones, ne l'étoient plus après qu'elle avoit été démontée. Cela venoit de ce que le piton de ſpiral ne reprenoit pas aſſez sûrement ſa premiere poſition. C'eſt une des raiſon qui m'a décidé à employer quatre vis pour caler le piton, & rendre le ſpiral parfaitement libre. Un autre moyen que j'emploie utilement, c'eſt de placer ſous la vis de preſſion du piton, au lieu de la virole, un reſſort qui en ſerrant la vis, appuie ſur le piton, ſans le faire tourner. Voy. Planche V, fig. 3.

Mais malgré cela, il eſt à propos toutes les fois qu'on nettoie une Horloge, de faire les épreuves néceſſaires pour s'aſſurer du dérangement ſurvenu, & ramener la machine à ſon premier état: & ces expériences doivent toujours être faites, lorſque le mouvement eſt placé dans ſon tambour. Il faut également revoir la compenſation du chaud & du froid, &c.

Lorſqu'il eſt ſurvenu quelque dérangement à l'iſochroniſme, malgré que le piton de ſpiral ſoit parfaitement calé, & le ſpiral libre, il faut, dans ce cas, allonger ou accourcir le ſpiral, juſqu'à ce qu'on ait retrouvé le point convenable; enſuite il faut diminuer, ou augmenter les maſſes de balancier, pour régler de nouveau l'Horloge dans ſon état actuel.

546. Un autre moyen propre à ramener le ſpiral à l'iſochroniſme, lorſqu'il en a été dérangé, c'eſt en faiſant élever,

ou baiſſer le piton de ſpiral, par les vis qui ſervent à le caler; mais en ayant ſoin que le piton porte à plat ſur ſes vis, & qu'il ſoit libre.

Régles à ſuivre pour ramener un ſpiral iſochrone à ſon point, lorſqu'en démontant l'Horloge, il a été dérangé.

547. Lorſqu'on démonte une Horloge pour la nettoyer, il arrive ſouvent qu'après qu'elle a été remontée, le ſpiral qui, auparavant, étoit iſochrone, ne l'eſt plus : or cet effet peut être produit par deux cauſes: 1°. par le jeu de l'axe du balancier entre ſes rouleaux : 2°. par le piton qui n'a pas la même poſition libre qu'il avoit d'abord. Pour donc ramener le ſpiral à ſon point, il faut premièrement donner le jeu convenable à l'axe, ſelon la régle de l'art n°. 527.

548. Mais ſi les oſcillations ne ſont pas iſochrones, il faut élever ou abaiſſer le piton du ſpiral, au moyen des quatre vis qui ſervent à le caler, de ſorte que le piton poſe toujours bien à plat ſur ſes vis; on doit néceſſairement retrouver par ce moyen le point par lequel les oſcillations ſont iſochrones.

549. Si malgré les deux corrections que je viens d'indiquer, les oſcillations n'étoient pas encore iſochrones, il faudroit allonger ou accourcir le ſpiral, ſelon la regle ſuivante.

550. En général, lorſqu'un ſpiral n'eſt pas à ſon point, il faut changer ſa longueur, ſoit en l'allongeant, ou en le raccourciſſant, & d'abord en l'allongeant : ſi la différence d'iſochroniſme va en diminuant, continuer à l'allonger; ſi la différence va en croiſſant, il faut au contraire l'accourcir.

551. Enfin, pour éviter tous les tâtonnemens de longueur du ſpiral, le plus ſûr eſt de faire uſage du compenſateur iſochrone, ou *de la Table compoſée des arcs de la température.*

CHAPITRE XX.

Des Epreuves servant à la formation de la Table composée des arcs & de la température.

Des vérifications de l'Horloge, lorsqu'elle a été nettoyée, & qu'elle est remontée.

552. 1°. LORSQUE toute l'Horloge est rassemblée, après qu'elle a été nettoyée, il faut avant de placer le piton, revoir le jeu de l'axe de balancier, & lui donner celui prescrit; (n° 527) il est important de revoir cette partie, après que toutes les cages sont rassemblées, parce que souvent, en serrant les goupilles, cela fait brider, ce qui ôte ou donne du jeu à l'axe.

553. 2°. Il faut fixer le piton par la vis, & auparavant, s'assurer qu'il est bien calé; s'il ne l'est pas parfaitement, on le fera au moyen de ces vis : il faut employer beaucoup d'attention en fixant le piton, pour que la vis, en le serrant, ne le fasse pas tourner.

554. 3°. Remonter le méchanisme de compensation, en faire l'examen selon la regle du (n° 530).

555. 4°. Placer l'Horloge dans son tambour, la faire marcher, mettre le tambour de niveau, & régler l'Horloge au plus près par la vis de la boëte de compensation.

556. 5°. L'Horloge étant réglée au plus près, il faut faire les épreuves de l'isochronisme, par l'équipage du contrepoids; si l'isochronisme est dérangé, c'est-à-dire, si pour 5 degrés de différence dans l'étendue des arcs, la marche de l'Horloge differe de plus de 4 à 5 secondes en 24 heures, il faut travailler à donner plus de liberté au spiral, parce qu'en serrant le piton, on a pu le déranger, & si le spiral n'est

pas à ſon point, il faut l'allonger ou l'accourcir ſelon les régles indiquées, & régler enſuite l'Horloge par les maſſes, & ſans toucher au pince-ſpiral.

557. 6°. Faire les épreuves du chaud au froid, & ramener la compenſation au plus près, c'eſt-à-dire, que la différence ne ſoit que 3 ou 4 ſecondes au plus en 24 heures.

Pour faire ces épreuves, il faut employer la température moyenne de 10 degrés pour le froid, & 20 degrés pour le chaud. Si la compenſation n'eſt pas à ſon point, on approchera ou écartera de la tige du pince-ſpiral la boëte de compenſation, & de fort peu à la fois, & on réglera l'Horloge à chaque fois.

558. 7° enfin, l'Horloge conduite à ce point, & étant réglée au plus près, on fera les épreuves pour dreſſer la Table des arcs & de la température.

REMARQUE.

559. Pour travailler à former la Table compoſée des arcs & de la température, il faut choiſir le tems où les nuits ſont froides, & où le thermomètre ſe tient à 5 ou 6 degrés au-deſſus de la glace.

560. On commencera les épreuves pour la formation de la Table, par le terme du plus grand froid, afin de pouvoir augmenter la chaleur par gradation, en ſuivant l'ordre ci-après. Et je dois obſerver auparavant qu'il eſt néceſſaire de choiſir pour ces épreuves une chambre qui ſoit ſituée au Nord, afin d'éviter les différences de température qui ont lieu du jour à la nuit, lorſque cette chambre eſt ſituée au Midi ou au Levant.

561. 8°. On ouvrira les portes de l'étuve, ainſi que la fenêtre de la chambre où ſe font les épreuves, & on laiſſera l'Horloge au froid pendant pluſieurs heures, afin que l'intérieur de la machine éprouve la même température que le thermomètre indique.

De la Table composée des arcs & de la température.

Ordre à suivre pour faire les épreuves servant à la formation de cette Table.

562. 1°. Placer l'Horloge dans l'étuve, la mettre de niveau, poser sur la glace de l'Horloge le thermomètre qui doit accompagner cette machine à la mer. Il faut commencer les épreuves par le terme du plus grand froid, 3 degrés par exemple du thermomètre, au-dessus de la glace.

563. 2°. Avant de compter la marche de l'Horloge, il faut qu'elle ait été au moins 12 heures au froid, afin que toutes les parties intérieures de la machine soient également pénétrées par le degré de froid indiqué par le thermomètre.

Premiere partie de la Table, par 3 degrés du thermomètre.

564. 3°. L'Horloge ayant été 12 heures au froid, de 3 degrés, on écrira sur le Journal sa marche, ou la différence de l'heure qu'elle marque, avec l'heure de l'Horloge astronomique : on portera également sur le Journal le degré du thermomètre, & le nombre de degrés *naturels* décrits par le balancier.

565. 4°. Au bout de 12 heures, on portera sur le Journal le tems de l'Horloge ; l'étendue des arcs, & le degré du thermomètre doivent être aussi portés ; mais ils ne doivent pas avoir changé. Nous supposons ici les arcs de 106 degrés, & le thermomètre 3 degrés ; on aura donc la marche de l'Horloge par le froid 3 degrés, & l'étendue des arcs naturels à ce degré, ce sera le premier terme de la premiere partie de la Table.

566. 5°. Mettre un contre-poids, pour que les arcs soient de 5 degrés plus petits, c'est-à-dire, 101.

567. 6°. Au bout de six heures, noter le tems de l'Horloge, les arcs & le degré du thermomètre, & ajouter au contre-poids, afin que les arcs soient de 96 degrés.

568. 7°. Au bout de six heures, noter le tems de l'Horloge, & ajouter au contre-poids, pour que les arcs soient de 91 degrés, le thermomètre étant toujours à 3 degrés.

569. 8°. Au bout de six heures, noter le tems de l'Horloge, les arcs 90 degrés, & on ôtera les contre-poids ajoutés pour diminuer les arcs.

Seconde partie, par 10 degrés de température.

570. 9°. Allumer une mèche, & faire monter le thermomètre à 10 degrés, l'entretenir à ce point, pendant 12 heures, afin d'avoir l'arc naturel du balancier par cette température, & que toutes les parties de la machine en soient également pénétrées.

571. 10°. Lorsqu'on se sera assuré pendant 12 heures de tems, que l'Horloge est à la température de 10 degrés, on portera sur le Journal les tems de l'Horloge, l'étendue des arcs, & le degré 10 du thermomètre.

572. 11°. Au bout de 12 heures, on notera le tems de l'Horloge, l'arc décrit, & le degré 10 du thermomètre, & on aura la marche de l'Horloge, par la température 10 degrés ; on aura le premier terme de la seconde partie de la Table, 10 degrés de température, & les arcs naturels décrits par le balancier que nous supposons de 110 degrés.

573. 12°. Mettre un contre-poids, pour faire décrire 105 degrés, ou 5 degrés de moins que les arcs naturels.

574. 13°. Au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge : on aura la marche par 105 degrés d'arcs, à 10 degrés de température. Le second terme indiquera les quantités dont l'observateur doit tenir compte, lorsque l'épaississement des huiles aura diminué de 5 degrés, les arcs décrits par le balancier, ou 105 degrés : ajouter au contre-poids, pour que les arcs soient de 100 degrés.

575. 14°. Au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge, ajouter au contre-poids, pour que les arcs ſoient de 95 degrés, & noter le tems de l'Horloge, au bout de 6 heures; on aura tous les termes de la ſeconde partie de la Table, par 10 degrés du thermomètre. On ôtera le contre-poids.

Troiſieme partie de la Table, par 18 degrés de thermomètre.

576. 15°. Allumer une méche de plus, & faire monter le thermomètre à 18 degrés, l'entretenir à ce point, pendant 12 heures, de ſorte que l'Horloge ſoit intérieurement à cette température.

577. 16°. Noter le tems de l'Horloge, & la laiſſer à cette température; au bout de 12 heures, noter le tems de l'Horloge, l'arc décrit par le balancier, on aura la marche de l'Horloge, par 18 degrés du thermomètre, & l'arc naturel, par cette température; je le ſuppoſe 113 degrés; ce ſera le premier terme de la troiſieme partie de la Table.

578. 17°. Mettre un contre-poids pour diminuer les arcs de 5 degrés, ou pour être de 108 degrés; au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge, par 108 degrés arcs & 18 degrés de thermomètre.

579. 18°. Ajouter au contre-poids, pour que les arcs ſoient de 103 degrés; au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge.

580. 19°. Ajouter au contre-poids, pour que les arcs ſoient de 98 degrés; au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge, on aura tous les termes de la troiſième partie de la Table, par 18 degrés : on ôtera les contre-poids.

Quatrième partie de la Table, par 26 degrés de Thermomètre.

581. 20°. Allumer une méche de plus, & faire monter le thermomètre à 26 degrés, l'entretenir à ce point, pen-

dant 12 heures, pour que l'intérieur de la machine soit à ce degré de chaleur.

582. 21°. Au bout de 12 heures, on notera le tems de l'Horloge, l'arc décrit par le balancier que je suppose 115 degrés, & le degré 26 du thermomètre.

583. 22°. Au bout de 12 autres heures, on notera le tems de l'Horloge & l'arc 115 décrit : on aura la marche de l'Horloge par 26 degrés du thermomètre, & l'arc *naturel* décrit à ce degré de chaleur; ce sera le premier terme de la quatrième partie de la Table.

584. 23°. Mettre un contre-poids, pour réduire les arcs naturels à 110 degrés, au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge.

585. 24°. Ajouter au contre-poids, pour réduire les arcs à 105 degrés, au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge.

586. 25°. Ajouter au contre-poids, pour réduire les arcs à 100 degrés, au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge; on aura enfin, par-là, tous les termes des quatre parties de la Table. On ôtera les contre-poids.

Voyez ci-après le modèle d'épreuves de cette méthode appliqué à l'Horloge (n° 17) à poids.

587. EXEMPLE OU MODELE D'EPREUVES,

HORLOGE A LONGITUDE N° 17.

Pour la Table de la température & des arcs.

Première Partie par le froid, 5 degrés au-dessus de 0.

à 6 h. M. Mise au froid, l'Horloge de niveau dans son étuve.
à 6 h. 20′ S. Retarde 9″ $\frac{1}{2}$, arc naturel 105 d., Thermomètre 5 d.
Le 9 à 6 h. 20″ M. Ret. 17″... arc 105... Th. 5 ret. 7″ $\frac{1}{2}$ en 12 h. = 15″ en 24 h. mis un contre-poids, arc 100 d.
à 11 h. 20′. Ret. 21″ $\frac{1}{2}$, arc réduit 100, Th. 5 d. ret. 4″ $\frac{1}{2}$ en 5 h = 21″ $\frac{6}{10}$ en 24 h. ajouté au contre-poids, arc 95 d.
4 h. 20′. Ret. 27″ $\frac{3}{4}$, arc réduit 95, Th. 5 d. ret. 6″ $\frac{1}{4}$ en 5 h. = 30″ en 24 h. ôtez le contre-poids.

Seconde Partie par 12 degrés.

Allumé la lampe, 1 mêche.

Le 10 à 7 h. 20′ M. Ret. 42″, Th. 12 d. arc naturel 110 d.
7 h. 20′ S. Ret. 48″, Th. 12 d. arc naturel 100 d. ret. 6″ en 12″ = 12 en 24 h. mis un contre-poids, arc réduit 105 d.
Le 11 à 8 h. 20′ M. Ret. 56 $\frac{1}{4}$, Th. 12, arc réduit 105 d. ret. 8″ $\frac{1}{4}$ en 13 h. = 15 $\frac{2}{10}$ en 24 h. ajoutés au contre-poids, arc réduit 100 d.
à 2 h. 20′ S. Ret. 1′ 3″, Th. 12, arc réduit 100 d. ret. 6″ $\frac{1}{4}$ en 6 h. = 27″ en 24 h. ôtez les contre-poids.

Troisieme Partie par 18 degrés.

Allumé 2 mêches.

Le 12 à 6 h. 0′ M. Ret. 1′ 15″, arc naturel 114, Th. 18 d.
à 12 h. 0′ Ret. 1′ 16″ $\frac{1}{2}$, arc 114, Th. 18 d. ret. 1″ $\frac{1}{2}$ en 6 h. = 6″ en 24 h. mis contre-poids, arc 109 d.
à 6 h. 0′ S. Ret. 1′ 19″ $\frac{1}{4}$, arc réduit 109, Th. 18, ret. 2″ $\frac{3}{4}$ en 6 h. = 11″ en 24 h. ajouté au contre-poids, arc 105.
à 9 h. 0′ S. Ret. 1′ 22″ $\frac{3}{4}$, arc réduit 105, Th. 18, ret. 3″ $\frac{1}{2}$ en 3 h. = 28″ en 24 h. ôtez les contre-poids.

Quatrieme Partie par 26 degrés.

Allumé 3 mêches.

Le 13 à 5 h. 35′ M. Ret. 1′ 24″ $\frac{1}{4}$, arc naturel 114, Th. 26.
à 10 h. 35′. Ret. 1′ 25″ $\frac{1}{2}$, arc naturel 114, Th. 26, ret. $\frac{3}{4}$″ en 5 h. = 3″ $\frac{6}{10}$ en 24 h. mis contre-poids arc 109.
à 3 h. 35′. Ret. 1′ 26″ $\frac{1}{2}$, arc réduit 109, Th. 26, ret. 1″ en 5 h. = 4″ $\frac{8}{10}$ en 24 h. ajouté au contre-poids, arc 103.
8 h. 35′. Ret. 1′ 28″ $\frac{3}{4}$, arc réduit 103, Th. 26, ret. 2″ $\frac{1}{4}$ en 5 h. = 10″ $\frac{8}{10}$ en 24 heures.

HORLOGE A LONGITUDE N° 17.

Table d'Equation composée des corrections qu'il faut faire au temps de l'Horloge, à raison des changemens de la température, & de l'étendue des arcs décrits par le balancier.

Première Partie par le froid de 5 degrés de Thermomètre au-dessus de 0.

Arcs naturels 105 degrés, l'Horloge retarde de 15″ en 24 heures.
Arcs supposés 100 d. . . . . . retardera de 21″ $\frac{6}{10}$.
95 d. . . . . . retardera de 30″

Seconde Partie, par 12 d. de Thermomètre au-dessous de 0.

Arcs naturels 110 d. . . . . . retarde de 12″ en 24 h.
Arcs supposés 105 d. . . . . . retardera de 15″ $\frac{2}{10}$.
100 d. . . . . . retardera de 27″.

Troisième Partie, par 18 d. du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . . . . . retarde de 6″ en 24 h.
Arcs supposés 109 d. . . . . . retardera de 11″
104 d. . . . . . retardera de 28″

Quatrième Partie, par 26 d. du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . . . . . retarde de 3″ $\frac{6}{10}$ en 24 h.
Arcs supposés 109 d. . . . . . retardera de 4″ $\frac{8}{10}$.
103 d. . . . . . retardera de 10″ $\frac{8}{10}$.

REMARQUE.

En retranchant de tous les termes de la Table ci-dessus le plus petit 3″ $\frac{6}{10}$, c'est-à-dire, qu'en supposant l'Horloge réglée par les arcs naturels, du 26e degré de température, on aura la Table suivante, réduite à la plus simple expression.

HORLOGE A LONGITUDE N° 17.

Table d'Equation composée des corrections qu'il faut faire au temps de l'Horloge, à raison des changemens de la température & de l'étendue des arcs décrits par le balancier.

Première Partie par le froid de 5 degrés de Thermomètre au-dessus de 0.

Arcs naturels 105 degrés, l'Horloge retarde de 11″ $\frac{4}{10}$ en 24 heures.
Arcs supposés 100 d. . . . . . retardera de 18″.
95 d. . . . . . retardera de 26″ $\frac{4}{10}$

Seconde Partie par 12 degrés du Thermomètre.

Arcs naturels 110 d. . l'Horloge retarde de 8″ $\frac{4}{10}$ en 24 heures.
Arcs supposés 105 d. . . . . . retardera de 11″ $\frac{6}{10}$
100 d. . . . . . retardera de 23″ $\frac{4}{10}$

Troisième Partie par 18 degrés du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . l'Horloge retarde de 2″ $\frac{4}{10}$ en 24 heures.
Arcs supposés 109 d. . . . . . retardera de 7″ $\frac{4}{10}$
104 d. . . . . . *idem* . . de 24″ $\frac{4}{10}$

Quatrième Partie par 16 degrés du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . l'Horloge supposée réglée = 0″ correction.
Arcs supposés 109 d. . . . . . retardera de 1″ $\frac{2}{10}$
103 d. . . . . . *idem* . . de 7″ $\frac{2}{10}$

REMARQUE.

588. La compensation du chaud & du froid dans cette Horloge est trop forte. Il eut été à propos avant de travailler à la formation de cette Table, de conduire au plus-près la compensation par la température moyenne de 10 d. à 20 d. du Thermomètre : car ici de 12 à 18 d. il y a 6″ de différence en 24 heures, & on auroit pu l'amener à 0; les différences seroient rejettées dans les termes extrêmes du chaud & du froid, qui sont moins fréquents en mer.

589. Toutes les opérations que nous venons de détailler étant faites, on pourra placer le tambour & l'Horloge sur la suspension; on mettra de l'huile aux pivots de suspension, après qu'elle aura été nettoyée, & en cet état il convient de vérifier la position horisontale de l'Horloge sur la suspension, en plaçant un niveau à bulle d'air sur la glace. Si elle n'est pas horisontale dans tous les points, il faudra les ramener par les vis de la suspension, & par les *porte-pivots* qui sont attachés au tambour; ces *portes-pivots* peuvent se mouvoir en *coulisse*, en desserrant les vis, & en frappant avec un marteau, ensuite on resserrera les vis.

Fin de la première Partie.



DE LA MESURE DU TEMPS.

SECONDE PARTIE.

Des moyens de perfectionner les Montres de poche, & les Horloges Astronomiques.

CHAPITRE PREMIER.

Des Causes de variations des Montres de poche.

590. Quoique la théorie & les principes que j'ai donnés dans mon *Traité des Horloges Marines*, & dans la premiere Partie de cet Ouvrage pour la composition des petites Horloges à Longitude, soient également applicables aux Montres de poche, que la construction même de ces machines puisse être employée dans les Montres, je m'arrêterai ici à traiter particulièrement ce qui regarde les Montres de poche, en essayant de donner à ces petites

machines qui servent à la Mesure du Temps une justesse plus constante. Je le fais sur-tout en faveur des Artistes qui n'auront pas voulu faire par eux-mêmes cette application; & je vais essayer de leur tracer la route.

591. J'ai traité fort au long dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, de la théorie, de la construction & de l'exécution des Montres *ordinaires* : je n'ajouterai rien à cet objet; car en suivant les méthodes que j'ai indiquées, on parviendra à faire des Montres avec toute la perfection requise pour l'usage du Public; mais il reste à désirer, pour les observateurs & les amateurs, d'avoir des Montres portatives qui ayent toute la justesse possible : or les connoissances & les expériences acquises par le travail des Horloges & des Montres à Longitude, facilitent les moyens propres à remplir cet objet; mais avant de proposer ces moyens de perfection, il faut premièrement examiner & indiquer les vices de construction & d'exécution des Montres ordinaires.

Causes de variations des Montres de poche.

1°. *Les changemens dans les frottemens des pivots, & dans les résistances des huiles.*

592. Le plus grand obstacle qui s'oppose à la constante justesse des Montres est celui des frottements des pivots, tant du rouage que du balancier, & l'augmentation dans les résistances des huiles à mesure qu'elles s'épaississent; & dont l'effet est d'autant plus sensible que la force de mouvement du régulateur des Montres est toujours très-petite : ensorte que pour peu que les huiles s'épaississent, ce qui augmente le frottement, les arcs de vibration du balancier diminuent, d'où il résulte un retard dans la marche de la Montre.

2°. Les différences de température auxquelles ces machines sont exposées.

593. Les changements de température auxquels ces machines sont exposées, par des passages subits du chaud au froid, sont cause des plus grands écarts ; & les différences dans la température n'affectent pas de la même manière toutes les Montres. Car si le balancier d'une Montre est petit & léger, qu'il ait de gros pivots, le froid fera retarder la Montre, & j'en ai vu dont la différence en 24 heures étoit de 15 minutes de retard par le froid de la glace, la Montre étant réglée par 10 degrés au-dessus ; voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1908.

594. Si au contraire le balancier est grand, fait des vibrations lentes, & que ses pivots soient d'un petit diamètre, les frottements étant réduits à la plus petite expression, alors l'action du froid sur le spiral fera avancer beaucoup la Montre, & cette quantité peut aller jusqu'à 7 minutes en 24 heures d'avance par le froid, la Montre étant réglée dans le gousset, *Essai* n° 1894.

595. Mais en supposant même que l'on ait fait usage de la compensation *naturelle* des huiles (dont nous avons établi la théorie, *Essai sur l'Horlogerie*, chap. XXX, deuxième Partie), la Montre où cette compensation a lieu ne conservera sa marche que pendant que les huiles seront fraîches ; car à mesure qu'elles s'épaissiront, la Montre ira en retardant, & elle finira par avancer par le chaud, & retarder par le froid.

3°. Les diverses positions d'une Montre, horisontale, verticale ou inclinée.

596. Une Montre de poche est nécessairement exposée à être tantôt verticale, tantôt horisontale ou inclinée de divers

sens, & tels soins qu'on apporte en la réglant par ces diverses positions, il sera bien difficile d'empêcher qu'il ne reste encore des variations. Mais en supposant même qu'elle soit bien réglée dans ces positions au moment où la Montre vient d'être terminée & nettoyée, il ne s'ensuit pas de-là quelle puisse toujours conserver cette perfection : car au contraire, à mesure que les huiles s'épaissiront, & que les frottements changeront de nature, ils affecteront différemment la marche de la Montre, laquelle variera en passant de la position horisontale à la verticale.

4°. *Les agitations du porté.*

597. On doit compter parmi les obstacles qui s'opposent à la justesse des Montres, celui des agitations & secousses auxquelles une Montre de poche est exposée en la portant : l'effet des agitations est nécessairement d'augmenter ou de diminuer l'étendue des vibrations du balancier : or comme les oscillations d'inégale étendue ne sont pas naturellement de même durée, il s'ensuit des variations dans la marche de la Montre.

5°. *La chaleur du gousset qui desséche promptement l'huile des pivots de la Montre.*

598. Une Montre qui est portée dans le gousset éprouve une chaleur si considérable, que les huiles sont promptement desséchées, ensorte que cela change la compensation qui avoit lieu, la Montre varie par ses diverses positions, &c. ainsi que nous venons de le dire ci-devant; enfin la Montre passe de cette grande chaleur (sur-tout en hiver) à un grand froid; & ces différences subites, & par les termes éloignés, affectent encore la marche de la Montre.

6°.

6°. La nature des huiles employées dans la Montre.

599. Il eſt infiniment important d'employer de bonne huile aux pivots d'une Montre de poche; car la Montre la plus parfaite, dans laquelle on aura mis de l'huile de bonne qualité, ceſſera d'avoir la même exactitude lorſqu'après avoir été démontée, & nettoyée on mettra de l'huile moins bonne.

7°. Les défauts du reſſort moteur, tel qu'il eſt employé dans les Montres, &c.

600. Par la conſtruction des Montres, le reſſort-moteur eſt dans un trop grand rapport avec la puiſſance du régulateur, enſorte qu'il le maîtriſe & lui tranſmet ſes inégalités & il cauſe de très-grands frottement; d'ailleurs, par la mauvaiſe diſpoſition du grand reſſort, il ſe trouve toujours dans un état forcé lorſque la Montre eſt remontée, parce qu'il ne reſte ordinairement qu'un demi-tour de *vuide*; or de tels reſſorts ſont expoſés à perdre de leur force ou à caſſer.

8°. Les mauvais engrenages.

601. On emploie communément des pignons de 6 dans les Montres, ce qui forme de très-mauvais engrenages, & les trous des pivots s'uſent promptement, ce qui augmente le frottement, & ajoute encore aux autres vices de ces machines, & cauſe des variations dans l'étendue des arcs décrits par le balancier, & par conſéquent dans la marche de la Montre.

9°. Les vices des échappements employés dans les Montres.

602. L'échappement, cette partie ſi importante dans toutes les machines qui meſurent le temps, l'eſt encore plus

dans les Montres, parce que les changements qu'il éprouve par ses frottements & inégalités, ont plus d'influence sur le régulateur qui est un balancier léger, qui a peu de force & de mouvement : & comme les Montres reprennent toute seules leur mouvement lorsqu'elles ont été arrêtées & qu'on les remonte, le moteur a, comme nous l'avons observé, un grand rapport avec la force du balancier, & par conséquent la pression ou frottement en est d'autant plus grande dans l'échappement à cylindre qui est le plus en usage, quoiqu'il soit en effet fort mauvais : car cet échappement exigeant de l'huile, il en résulte des variations très-grandes à mesure que l'huile s'épaissit ; & lorsquelles sont desséchées, le cylindre se creuse & se détruit : l'échappement à roue de rencontre n'a pas les mêmes défauts, mais en revanche le moindre changement dans la force motrice affecte la durée des vibrations qui sont plus promptes par les grands arcs, & plus lentes par les petits.

10°. *Les oscillations d'inégales étendues, décrites par le balancier, ne sont pas isochrones.*

603. Enfin une des causes les plus essentielles des variations des Montres, c'est celle du non-isochronisme des vibrations du balancier ; car les arcs varient à chaque instant, soit par les agitations du porté, soit par les diverses positions de la Montre, soit par le chaud & par le froid : par les changements dans la force motrice, dans les frottements, les engrenages, les résistances des huiles, &c ; ce qui fait nécessairement varier la Montre à chaque instant.

604. D'après l'exposé exact que nous venons de faire des défauts des Montres, on peut être certain qne si des machines de cette espèce ont cependant une sorte de régularité, elle n'est due qu'à des vices qui sont détruits par d'autres, ensorte que le hasard contribue plus à leur justesse, que l'art des Ouvriers qui les exécutent.

CHAPITRE II.

Des Principes de construction des Montres portatives, pour obtenir de ces machines la plus grande justesse.

Observations préliminaires sur les diverses sortes de Montres à employer pour l'usage du Public & des Observateurs.

605. DANS l'état de perfection où l'Art de l'Horlogerie est maintenant porté, on peut diviser en trois espèces les Montres portatives servant à la Mesure du Temps.

606. La première classe comprend les Montres ordinaires, simples ou à répétition, à cylindre, &c, dans lesquelles la compensation du chaud & du froid est produite par les frottements & les résistances des huiles des pivots de balancier, (voy. *Essai sur l'Horlogerie* n° 1880 *& suiv*). On conçoit aisément, d'après les obstacles dont nous avons rendu compte ci-devant, (chap. 1, n°. 593 & suiv.) qu'il n'est pas possible que la justesse des Montres *ordinaires* soit long-tems la même à cause de la quantité absolue que doivent avoir les frottements & les résistances des huiles, pour produire la compensation; or les huiles varient & changent promptement; ensorte que la justesse que l'on peut obtenir de ces machines, quoique suffisantes pour l'usage du Public, ne l'est nullement assez pour les Observateurs qui ont besoin de précision.

607. La seconde classe comprend les Montres à Secondes que j'ai appellée *Montres Astronomiques*, & auxquelles j'ai appliqué un méchanisme pour la compensation du chaud & du froid : j'en ai construit deux sur ce principe; l'une a été vendue à Londres en 1766, & l'autre a été faite en 1768, pour M. le Chevalier de Fleurieu (*a*).

(*a*) *Traité des Horloges Marines*, Appendice, pag. 553, & Introduction pag. xxiv.

Je place dans la troisième classe des Montres portatives ma Montre à Longitude, commencée en 1764 pour M. le Marquis de Courtenvaux; voy. première partie, chap. XII.

608. Dans les Montres ordinaires à *compensation naturelle*, il faut augmenter à dessein les frottements & les résistances des huiles des pivots de balancier, & diminuer la puissance du balancier au point requis, pour obtenir la compensation du chaud & du froid: or dans ce cas la force motrice maîtrise nécessairement le régulateur; j'ai suffisamment traité de ces sortes de Montres dans l'*Essai sur l'Horlogerie* auquel je renvoye.

609. Le régulateur des Montres Astronomiques doit avoir la plus grande puissance, & les frottements de ses pivots doivent être les plus petits possibles: les pivots de balancier des Montres Astronomiques doivent tourner dans des trous, de même que ceux des Montres ordinaires; la position de cette sorte de Montre doit pouvoir être indifféremment horisontale, verticale ou inclinée.

610. Pour donner aux Montres de la troisième classe, que j'appelle *Montre à Longitude* toute la justesse possible, il faut dégager l s pivots du balancier de leurs frottements au moyen des rouleaux, & il est à propos que les Montres de cette espèce conservent le plus qu'il est possible la même position; mais comme j'ai déja traité ci-devant ce qui concerne les Montres à Longitudes, je me bornerai ici aux Montres Astronomiques.

Principes sur les Montres portatives.

611. Obtenir d'une Montre portative une justesse constante, est la chose qui éprouve le plus d'obstacles: rien cependant ne seroit plus utile ni intéressant, que de pouvoir donner à ces machines plus de régularité. Aujourd'hui (en 1771) que je crois avoir acquis les connoissances nécessaires pour en tracer la route, je vais, guidé par les principes que

j'ai établi ſur les Horloges Marines, indiquer les moyens propres à donner aux Montres portatives toute la juſteſſe qu'elles comportent.

612. Trois parties eſſentielles ſont la baſe de la juſteſſe des Montres portatives, de même que pour les Horloges à longitudes.

613. 1°. La juſteſſe de ces machines eſt fondée ſur la réduction & la conſtante uniformité des frottements, qui doivent être tels, que le balancier décrive conſtamment des arcs de même étendue, ſoit que la Montre ſoit verticale ou horiſontale; & il faut de plus que ces arcs changent peu d'étendue par le chaud ou par le froid, & que l'épaiſſiſſement propre des huiles ne faſſe pas varier les arcs de vibrations du balancier : or cet état de perfection dépend du rapport entre la peſanteur & la vîteſſe du balancier avec le diamètre des pivots; cela dépend particulièrement de la matière que l'on emploie pour faire les trous des pivots : ſi les trous ſont en cuivre ou en or, le balancier doit être beaucoup plus léger, (les pivots reſtant les mêmes), que ſi les trous étoient faits en rubis.

614. 2°. La juſteſſe d'une Montre eſt plus encore eſſentiellement fondée ſur la nature des oſcillations du balancier, leſquelles doivent être telles, que ſoit que le balancier décrive des grands ou des petits arcs, les oſcillations ſoient rigoureuſement iſochrones ou d'égale durée : or j'ai démontré, dans mon *Traité des Horloges Marines*, que cette propriété ſi déſirable peut être obtenue par le ſpiral lui-même, & j'ai établi dans cet Ouvrage les principes de cette théorie : j'ai également établi tous les moyens propres à parvenir à rendre le ſpiral iſochrone (*a*).

(*a*) J'obſerverai ici qu'il ne ſuffit pas encore que le ſpiral ſoit iſochrone, pour que les oſcillations d'inégale étendue ſoient de même durée, car ſi le balancier éprouve trop de frottement dans les pivots, il arrivera néceſſairement, que ces frottements venant à changer, ainſi que les réſiſtances des huiles, ces changements produiront des variations dans la Montre, dont les oſcillations d'abord iſochrones, ceſſeront de l'être par cet accroiſſement de frottement, qui rendra les petites vibrations plus lentes que les grandes, & cet effet des frottements eſt très certain. Voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, (n° 1881), la compenſation que cet effet produit dans les Montres.

615. 3°. Une Montre portative qui réunit les deux qualités que je viens d'énoncer, feroit néceſſairement de très-grandes variations, ſi on n'employoit pas, ainſi que je l'ai fait dans mes Horloges à Longitude, un moyen de compenſation pour la correction des effets du chaud & du froid : le troiſième article néceſſaire, pour avoir une Montre parfaitement exacte, conſiſte donc dans la compenſation des effets du chaud & du froid.

616. 4°. Un quatrième article très-important dans la compoſition d'une Montre exacte, conſiſte dans l'échappement, lequel doit être tel qu'il ne trouble pas la nature des oſcillations iſochrones fondées par le ſpiral, & il faut de plus qu'il n'ait pas de frottement qui, à la longue, puiſſe altérer la juſteſſe de la Montre : & tel eſt l'échappement libre que j'ai compoſé & appliqué également à mes Horloges à Longitude & à mes Montres portatives.

617. 5°. Il eſt très-important d'avoir un reſſort moteur qui ne ſoit pas dans un état forcé ; pour cette effet, il faut ſuivre les moyens employés dans mes Montres à Longitude, où le grand reſſort a au moins trois tours de reſte au haut ; voy. chap. V, première partie.

618. 6°. Il ne faut pas que la Montre ceſſe de marcher pendant qu'on la remonte ; ainſi dans une telle machine il faut faire uſage du remontoir logé dans la fuſée, de même que dans les Horloges à Longitude, (*Traité des Horloges Marines*, (n° 681, 811).

619. 7°. Enfin le rouage de la Montre doit être réduit au plus ſimple comme dans mes petites Horloges à Longitude, employer des pignons nombrés, & cependant les roues les plus petites & les plus légères ; voy. Planche III, fig. 6 & 7.

620. Je n'entrerai pas ici dans de plus grands détails ſur la conſtruction d'une Montre Aſtronomique ; il faudroit répéter ce que j'ai dit ci-devant, chap. IX, en traitant de la Montre à Longitude n 1, & chap. XI, pour celle n° 36.

Des épreuves qu'il faut faire subir aux Montres Astronomiques de poche, pour obtenir toute la justesse qu'elles comportent.

621. Pour faire les épreuves dont nous allons parler, il faut que la Montre soit entièrement terminée, mise libre & remontée dorée, l'echappement fini; de même que le méchanisme de compensation.

622. Le balancier ne doit pas être rivé sur son axe comme on le pratique dans les Montres ordinaires; mais il doit être fixé par deux vis, afin de pouvoir en changer selon le besoin, de même que je l'ai toujours pratiqué dans mes Horloges & Montres à Longitude: pour cet effet, la tige & l'assiette de balancier doit être d'une seule pièce: l'assiette doit être très-petite, & formée sur la tige même, & faite avec le meilleur acier; dans mon échappement libre, la tige de balancier doit porter une seconde assiette, sur laquelle il faut aussi attacher par deux petites vis le cercle d'échappement.

1°. *Déterminer le rapport du poids du balancier avec les pivots.*

623. La première épreuve qu'il convient de faire avec la Montre, c'est de déterminer la pesanteur que doit avoir le balancier relativement à la grosseur de ses pivots: elle doit être telle qu'en faisant marcher la Montre horisontalement, ou verticalement, l'étendue des vibrations soit la même, *Traité des Horloges Marines*, n° 112; on ajustera donc un spiral plié, serré, & faisant au moins six tours, & on fera marcher la Montre. Si les arcs sont plus grands, la Montre étant plus horisontale, que verticale; c'est une preuve que le balancier est trop pesant; mais on peut partir d'après des expériences déja faites; par exemple, j'ai trouvé qu'un balancier qui fait quatre vibrations par secondes, a 10 lig. de diametre,

& pese six grains $\frac{1}{4}$, décrit les mêmes arcs, horisontal ou vertical.

2°. Régler l'isochronisme des vibrations par le spiral.

624. Pour obtenir un spiral isochrone dans une Montre, il faut se servir de lames d'acier bien travaillées, & égales de force, les plier en un grand nombre de tours serrés & d'un petit diametre, en suivant les règles établies, *Traité des Horloges* (n° 150 & suiv.). Les épreuves pour l'isochronisme doivent être faites de la même manière que je l'ai expliqué ci-devant (n° 535 & suiv.) pour les petites Horloges à Longitude.

3°. Régler la pésanteur du balancier sur celle du spiral.

625. Lorsque le spiral d'une Montre est reconnu isochrone, il faut régler la Montre en changeant le poids du balancier; s'il est trop léger, il faut en mettre un autre, & c'est par cette raison que le balancier doit être fixé par deux vis; s'il est trop pesant, il faut le diminuer jusques à ce que la Montre soit réglée, & sur-tout il ne faut pas toucher au pince-spiral, de peur de changer l'isochronisme en changeant la longueur du spiral & le point par lequel il est isochrone; le balancier doit décrire les plus grands arcs possibles & au moins de 300 degrés, 1°. parce que le régulateur acquiert une force de mouvement qui croît comme les quarrés des arcs; 2°. parce que les grands arcs sont plus isochrones entr'eux, (n° 533); 3°. parce que la Montre est moins susceptible des agitations *du porté.*

4°. Régler la quantité de force motrice.

626. Pour donner à la Montre la quantité de force motrice qui lui est convenable, cela dépend de l'étendue d'arcs que le balancier doit décrire; & cette étendue doit être

être déterminée par le point où les arcs sont plus isochrones entr'eux; voy. ci-devant, (n° 138).

5°. Régler la Montre platte & pendue.

627. L'isochronisme des vibrations étant trouvé dans la Montre, & la force motrice convenable à cet isochronisme étant aussi réglée d'après, il faudra régler la Montre par ses diverses positions horisontale & inclinée, ce qui se fera en ôtant du poids du balancier convenablement, *Essai sur l'Horlogerie* (n° 2561).

6°. Examen du méchanisme de compensation.

628. Une épreuve importante à la justesse de la Montre, c'est celle qui sert à constater les effets de méchanisme de compensation, & à s'assurer qu'aucun mouvement ou agitation ne peuvent le déranger, & que le ressort du pince-spiral est de la force convenable à la puissance de ce méchanisme; voy. ci-devant (n° 530) la règle que l'on doit suivre pour fixer la force de ce ressort, & les effets du méchanisme de compensation.

7°. Régler la compensation du chaud à du froid.

629. Enfin la Montre conduite à ce point, il restera à la régler par diverses températures : pour cet effet, il seroit convenable d'avoir une étuve disposée, comme celle représentée; *Traité des Horloges*, Planche XXVI, fig. 1; on doit suivre pour ces épreuves la même méthode que pour les Horloges à Longitude, & sur-tout il faut que la Montre, dans ces épreuves, soit toujours dans la même position en repos, afin de ne pas attribuer à la température, des variations qui pourroient dépendre d'autres causes.

CHAPITRE III.

Diverſes Obſervations ſur la conſtruction des Montres de poche, relativement au poids du balancier ; à la maniere de régler les Montres, par différentes poſitions, &c ; & aux moyens de compenſation, pour les effets du chaud & du froid.

ARTICLE I.

Du poids qu'il convient de donner au balancier d'une Montre portative, ſelon la nature de ſa conſtruction, & de ſes frottemens.

630. UNE condition eſſentielle que l'on doit avoir en vue dans la compoſition d'une Montre, c'eſt que le balancier décrive des arcs de même étendue, lorſque la Montre eſt horiſontale ou lorſqu'elle eſt verticale (*a*).

Par ce moyen, les vibrations ſont néceſſairement de même durée, (en ſuppoſant que le balancier eſt parfaitement d'équilibre) : or cet état de perfection dans le régulateur dépend de la peſanteur du balancier, de la groſſeur de ſes pivots, du nombre de ſes vibrations.

631. Lorſque les pivots du balancier roulent dans des trous faits en cuivre ou en or, le balancier doit être plus léger, afin d'égaliſer les frottements qui ſont naturellement plus grands par la circonférence des pivots que par la pointe.

632. Si les trous ſont faits en rubis, ils peuvent ſupporter un balancier plus peſant.

(*a*) Voy. *Traité des Horloges Marines*, n° 122.

633. Enfin, si le balancier tourne entre des rouleaux comme ceux de mes Horloges à Longitude, le balancier sera beaucoup plus pesant, & cependant il décrira les mêmes arcs dans les deux positions horisontale & verticale; nous allons donner ici le résultat de quelques expériences servant à fixer la puissance du régulateur des Montres portatives.

634. Le balancier de ma première Montre Marine pese 105 grains (*a*); il a 24 lig. de diamètre, & fait quatre vibrations par secondes; sa pointe rouloit sur un rubis (*b*) : en cet état les arcs étoient plus petits lorsque la Montre étoit horisontale, que lorsqu'étant verticale le poids du balancier étoit soutenu par les rouleaux, ce qui prouve que la pesanteur du balancier étoit trop grande, & que les frottements par la pointe de l'axe étoient plus grands que ceux par la circonférence; ce balancier ne devroit peser que 50 grains pour égaliser l'étendue des arcs par les diverses positions.

635. Le balancier de ma Montre à Longitude Astronomique portative, pese 33 grains; il a 13 lig. de diamètre, fait 6 vibrations par secondes : dans cette Montre, l'étendue des arcs de vibrations du balancier est la même, soit qu'elle soit horisontale ou verticale, les pivots du balancier tournant entre six rouleaux.

636. Le balancier de ma petite Horloge à Longitude n° 36, pese 27 grains; il fait 6 vibrations par seconde, & il a 20 lig. $\frac{2}{3}$ de diamètre; les arcs décrits par le balancier sont les mêmes, la Montre étant horisontale ou verticale; l'axe du balancier tourne entre trois rouleaux, & sa pointe roule sur un diamant.

637. Voilà donc des expériences sûres qui fixent la pesanteur qu'il convient de donner au balancier; lorsqu'il se meut sur sa pointe, & qu'il tourne entre des rouleaux.

638. Si le balancier est horisontal, & roule sur sa pointe,

(a) *Traité des Horloges Marines*, pag. 197.
(b) *Idem.*

& qu'il tourne dans des trous, alors il doit avoir beaucoup moins de puissance.

639. Le balancier qui fait quatre vibrations par seconde, & dont les pivots roulent dans des trous faits en rubis, peut peser 18 grains.

640. Si les pivots du balancier roulent dans des trous faits en cuivre ou en or, ces pivots ayant $\frac{3}{48}$ de lig. alors le balancier battant quatre vibrations par seconde, ne doit peser que 8 à 10 grains.

641. Si le balancier ne fait que deux vibrations par secondes & ses pivots roulant dans des trous en or, sa pesanteur peut-être double de celle du balancier qui fait quatre vibrations par seconde : & j'ai vu par expérience, dans une Montre que j'ai faite en 1763, que les pivots du balancier de cette Montre qui pese 22 grains & fait deux vibrations par seconde, ne sont pas trop marqués ni les trous gâtés, quoiqu'elle ait marché 23 ans passés ; le balancier de cette Montre a 11 lignes de diamètre, & ses pivots, $\frac{3}{48}$.

ARTICLE II.

De la manière de régler une Montre portative dans ses différentes positions, horisontale, inclinée, &c. par des masses.

642. Il ne suffit pas de régler une Montre portative dans les positions horisontale & verticale; il faut de plus, & cela est fort essentiel, la régler de sorte que le plan de la Montre & du balancier restant vertical, le midi soit incliné à droite & à gauche, & même le midi en bas, ou que la Montre étant horisontale, on lui fasse subir diverses

inclinaisons : or pour régler de cette manière une Montre, il faut placer à la circonférence du balancier dans son épaisseur quatre petites masses mises à vis, placées à angle droit l'une de l'autre, deux dans la verticale, & deux dans l'horisontale; le balancier étant arrrêté dans un plan vertical, en approchant ou en éloignant deux de ces masses pour régler la Montre, le midi en haut & ensuite en bas, on se servira des deux autres masses pour régler la Montre, le midi étant à angle droit à droite, & ensuite à angle droit à gauche de la verticale.

ARTICLE III.

De la Relation ou Rapport entre la force motrice & la puissance du régulateur, selon la nature de l'échappement.

643. J'ai établi dans mon *Essai sur l'Horlogerie*, & dans mon *Traité des Horloges Marines*, la nécessité de donner peu de force motrice, afin d'éviter l'accroissement des frottements de l'échappement; & ce rapport doit être le plus petit possible lorsque l'échappement est à repos : car si la force motrice est trop considérable, l'augmentation de frottement de l'échappement peut causer de grandes variations dans la marche de la Montre : ensorte que, dans de telles machines, l'étendue des vibrations se trouve nécessairement limitée. Mais il n'en est pas de même avec l'échappement à vibrations libres; on peut augmenter à volonté l'étendue des vibrations sans que cet excès de force motrice puisse nuire à la justesse de la machine, & c'est encore ici un grand avantage de cet échappement; ainsi, à tous égards, il mérite la préférence pour toutes les machines qui mesurent le temps, soit Horloges Marines, Montres de poche ou Horloges Astronomiques.

ARTICLE IV.

De la Compenſation du chaud & du froid dans les Montres de poche.

644. Le plus grand obſtacle qui s'oppoſe à la conſtante juſteſſe des Montres vient des frottements des pivots, tant du rouage que du régulateur, des réſiſtances variables des huiles, & des effets du chaud & du froid ſur le ſpiral & ſur le balancier : j'ai imaginé deux moyens pour corriger les écarts produits par les différences de la température dans les Montres de poche; le plus ſimple paroît être celui des huiles des pivots de balancier ; & c'eſt celui que j'ai employé dans les Montres ordinaires (*a*) ; je l'appelle *compenſation naturelle*.

Le ſecond moyen eſt produit par un méchaniſme de compenſation, pareil à celui que j'ai employé dans mes Horloges Marines, Montres à Longitude; je l'appelle *compenſation artificielle*.

645. Pour faire uſage de ces deux ſortes de moyens, il faut employer une conſtruction tout-à-fait différente dans les Montres; car, ſelon que je l'ai prouvé, *Eſſai ſur l Horlogerie*, ſeconde Partie, chap. XXVIII, & que l'expérience l'a confirmé, il faut, pour réduire les effets des frottements des pivots, que le balancier ait une grande quantité de mouvement, les frottements des pivots devenant par-là très-petits, relativement à cette force (*b*) ; la compenſation par les huiles des pivots ne peut alors avoir lieu, enſorte qu'avec un tel régulateur, il eſt de néceſſité abſolue d'employer un moyen de correction, ou méchaniſme de compenſation.

(a) *Eſſai ſur l'Horlogerie*, Chapitre XXX, ſeconde Partie.
(b) *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 2276.

646. Mais si on veut que la compensation se fasse par les résistances des huiles sur les pivots mêmes, dans ce cas, il faut suivre une route tout-à-fait opposée; car si on employoit un grand balancier & une grande force de mouvement, on ne pourroit parvenir à cette compensation.

647. Il faut observer ici, par rapport à la compensation des Montres par les huiles, que deux Montres parfaitement de mêmes dimensions ne feront pas les mêmes écarts du chaud au froid, quoique les pivots de balancier soient de même grosseur (*a*); la différence de l'acier, de la trempe, & sur-tout la manière dont ils sont tournés & polis, causeront des différences très-sensibles; le pivot le mieux tourné & poli étant parfaitement rond aura moins de frottements, & le froid en retardera moins les vibrations, ensorte que la Montre avancera par le froid: au contraire les pivots mal tournés & mal polis donneront plus de prise aux frottements & aux résistances des huiles par le froid, & la Montre retardera; on ne peut donc absolument & rigoureusement fixer les dimensions de chaque Montre, qu'après l'expérience: il faut changer les dimensions selon le besoin, ce qui rend l'exécution des bonnes Montres infiniment difficile.

648. Enfin je dois encore remarquer que, par cette espèce de compensation des huiles, on ne peut jamais obtenir une si grande exactitude, ni si constamment: car pour cette compensation il faut que le balancier ait peu de force de mouvement, ce qui le rend susceptible des changements qui arrivent par les huiles épaissies. On obtiendra donc une Montre beaucoup plus exacte, en réduisant les frottements & les résistances des huiles à la plus petite quantité, & en donnant au contraire au régulateur la plus grande force de mouvement qu'il peut comporter, & en appliquant comme aux Horloges Marines un méchanisme de compensation.

649. Le principe général que j'ai établi pour mes Hor-

(a) *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2295.

loges Marines, fondé ſur la théorie & vérifié par l'expérience, c'eſt que plus la force de mouvement du régulateur augmente & plus les frottements des pivots, & les réſiſtances des huiles diminuent, & les effets du chaud & du froid ſont plus ſenſibles ; une telle machine avance plus par le froid, & retarde plus par le chaud : ce principe fondamental eſt également applicable aux Montres bien exécutées : il faut donc dans une Montre où les frottements ſont réduits, & la puiſſance du régulateur étant grande, appliquer un méchaniſme de compenſation, pour avoir une machine parfaitement exacte; je vais propoſer ici quelques moyens de compenſation applicables aux Montres de cette dernière eſpèce.

Deſcription du méchaniſme de Compenſation du chaud & du froid pour les Montres de poche.

Planche III, *fig.* 8.

650. Parmi les divers moyens que j'ai tentés pour obtenir la compenſation du chaud & du froid, dans les Montres de poche; celui qui m'a paru le plus ſimple & le plus commode, eſt repréſenté dans la planche III, figure 8. Cette diſpoſition a l'avantage de ne pas augmenter la hauteur de la Montre, parce que la lame compoſée peut être placée à côté du balancier, ou même dans la cage du rouage.

651. *AA*, eſt le dehors de la petite platine du rouage de la Montre; *B B*, eſt la balancier : le ſpiral *S S* eſt placé à l'ordinaire ſous le balancier, au-deſſus du rateau du pince-ſpiral *a b*; ce rateau doit être à fleurs du dehors de la petite platine *A A*. Il eſt d'acier & fort mince : *C c* eſt le pont ou coq du balancier; il porte le ſecond pont *D c*, qui ſert à donner un aſſez long tigeron à l'axe de balancier, pour que celui-ci ſoit placé à égale diſtance de ſes pivots; cette élévation ſert en-même tems à loger la lame de compen-

ſation,

tion dont le bout *d* eſt rendu fixe ſur le pont à mâchoire *E, d.*

652. La lame de compenſation *d, e*, eſt compoſée de deux lames minces bien calibrées : l'une eſt de cuivre, c'eſt celle qui eſt en dehors, du côté des lettres *d, f*; l'autre qui eſt d'acier, eſt en dedans ; celle-ci doit être trempée comme un reſſort, & celle de cuivre doit être parfaitement écrouie : ces deux lames ſont fixées enſemble par des chevilles rivées, diſtantes entr'elles d'environ 2 lig. ; il y a des chevilles ainſi placées dans toute la longueur de la lame compoſée : ce ſont ces chevilles qui obligent la lame à ſe courber.

653. Si cette lame compoſée eſt expoſée au froid, la lame de cuivre ſe raccourcit plus que celle d'acier, enſorte que le bout *libre e*, s'écarte du point *g*; ſi au contraire la Montre eſt expoſée à la chaleur, la lame de cuivre ſe dilate plus que celle d'acier, & le bout *libre e* de cette lame, ſe rapproche du point *g*; & c'eſt ce mouvement de la lame compoſée qui produit la correction des effets du chaud & du froid, ſur la Montre, ainſi qu'il eſt aiſé de le concevoir.

654. Le rateau ou pince-ſpiral *a, b*, porte en *b* deux chevilles, entre leſquelles paſſe le ſpiral *s, s*; l'axe de ce même rateau eſt mobile ſur deux pivots, l'un qui roule dans la platine des piliers, & l'autre dans un trou du pont *F, a*; ce même axe porte fixement le levier *a, g* : c'eſt ſur ce levier qu'agit le bout de la vis *f*, portée par l'extrémité mobile de la lame compoſée *d, e*. Lors donc que le froid reſſerre la lame de cuivre, & plus que celle d'acier, le bout *e* s'écarte du point *g*; enſorte que le lévier *a, g*, qui appuie continuellement contre le bout de la vis, au moyen de l'action du reſſort *G*, *a* ſuit ce mouvement de la lame compoſée, & en même-temps, le rateau *b* s'approche du *piton k*, qui fixe le bout du ſpiral *s*. Ce mouvement du rateau a donc rendu les vibrations du balancier plus lentes, puiſque cet effet a rendu le ſpiral plus long : le contraire eut été produit par la chaleur.

655. D'après ce que je viens de dire, on conçoit

que, pour arriver exactement à la compenſation des effets du chaud & du froid, cela dépend du point où la vis *f* de la lame, agit ſur le levier *g*, *a* : plus cette vis agira près du centre *a* du levier, plus le chemin parcouru par le rateau *b* ſera grand, plus les oſcillations ſeront ralenties par le froid; & au contraire, plus cette vis agira loin du centre du levier, moins le rateau *b* parcourra de chemin. Pour arriver à la compenſation, il n'eſt donc queſtion que de changer le point *d*, par lequel la lame eſt rendue fixe ſur le pont *E*, & c'eſt à quoi ſert la mâchoire *i*, *k*, qui permet d'allonger ou de racourcir la lame, & par conſéquent de changer le point de contact de la vis *f*, ſur le levier *g*, *a* : cette mâchoire eſt formée par deux vis *i*, qui preſſent la plaque *l* contre le montant *k* du pont *E*, *k*. La lame paſſe juſte entre ces deux vis de preſſion, ce qui rend fixe la partie *d* de la lame compoſée : le pont *E*, *k* eſt attaché à la platine par une vis & deux pieds.

656. Maintenant, pour régler la Montre au plus près, on ſe ſert de la vis *f*: on voit qu'en la tournant en avant, on fait avancer la Montre, & retarder, ſi on la recule.

De la compenſation du chaud & du froid, par le balancier même.

657. Parmi les divers moyens que j'ai propoſés dans le *Traité des Horloges marines*, pour obtenir la correction du chaud & du froid, on trouve nos 259, 260 & 261, celui de placer à la circonférence du balancier, des maſſes qui ſe rapprocheroient du centre par le chaud, & qui s'en écarteroient par le froid, & c'eſt le premier moyen que j'ai mis en uſage : mais je craignis alors que le méchaniſme qui produiſoit cet effet, ne vînt à troubler l'équilibre du balancier, s'il ne donnoit pas rigoureuſement la même extenſion aux maſſes par diverſes températures. (*Traité*

des Horloges, n° 259) ; mais depuis, ayant de nouveau examiné cet objet, je vois 1°, que dans une Montre, dont le balancier eſt horiſontal, cette différence ne pourroit cauſer aucun écart ſenſible : 2°. Que ſi la Montre eſt verticale, & toujours maintenue dans cettte poſition, les différences qui auroient lieu par le changement d'équilibre, feroient nécéſſairement partie de la compenſation : mais que ſi on emploie ce moyen dans une Montre qui eſt tantôt horiſontale, & tantôt verticale ; alors il en réſulteroit néceſſairement des variations que l'on ne pourroit corriger que par un travail long, & par des tâtonnemens que l'on doit éviter. Quoi qu'il en ſoit, je vais d'abord calculer quel doit être le changement de diamètre d'un balancier donné, ou le déplacement des maſſes, pour opérer la compenſation du chaud & du froid, & je donnerai ici les moyens de produire ce mouvement dans le balancier.

658. Soit le balancier de ma Montre à Longitude portative réduite d'après n° 3, décrite Chap. XII. Ce balancier a 13 lig. de diamètre, & fait 6 vibrations par ſeconde. Je ſuppoſe que, ſans correctif, cette Montre avance de 4 minutes en 24 heures, par le froid de *zéro*, & qu'elle eſt réglée à 27 degrés.

Trouver la quantité requiſe pour la compenſation abſolue.

659. Le balancier de ma Montre fait 21600 vibrations par heure, & la Montre avance de 10 ſecondes par heure, par le froid, *zéro* = 60 vibrations. On a la proportion, *Traité des Horloges*, nos 249 & 192.

21660 : 21600 : : 1300 : x = 1296 ; c'eſt-à-dire, que pour obtenir la compenſation, le balancier devroit être plus grand par le froid *zéro*, que par 27 degrés, d'environ $\frac{4}{100}$ de lig.

660. Le calcul que je viens de faire, fait connoître la poſſibilité d'obtenir la compenſation du chaud & du froid, par le balancier même, par un des moyens annoncés, *Traité des Horloges*, & particulièrement en plaçant des lames com-

posées d'acier & de cuivre, à la circonférence du balancier; ces lames portant des masses, se rapprocheroient du centre par le chaud, & s'en écarteroient par le froid, (*Traité des Horloges Marines*, n° 261). Cette méthode présente un avantage essentiel, celui de ne pas changer la longueur du spiral, & par conséquent, de conserver son isochronisme : mais comme je l'ai dit, il est à craindre que cela ne trouble l'équilibre du balancier. Une autre difficulté qui me fit abandonner cette méthode, dès le premier temps de mon travail sur les Horloges Marines, c'est que, pour arriver à la compensation par le balancier même, on ne peut pas employer de moyen pour augmenter ou diminuer, & modifier la compensation à laquelle on ne peut arriver que par un tâtonnement fort long. Car il est certain qu'en supposant que l'on ait obtenu dans une Montre, les dimensions des lames de compensation, & le poids de leurs masses, qui sont propres à la correction des effets du chaud & du froid, ces dimensions ne conviendront plus à une autre Montre, quoiqu'elle soit de la même construction, & que d'ailleurs les dimensions en soient les mêmes; parce qu'il y aura toujours quelques différences dans les frottements; soit par la nature de l'acier des pivots & des trous supposés en rubis, différences qui changeront nécessairement la compensation à laquelle on ne parviendra qu'en changeant le rapport des masses, ce qui expose à de nouveaux tâtonnements assez longs : & ces obstacles n'ont pas lieu en faisant usage du moyen que j'ai adopté. Au reste, j'ai cru devoir présenter ici de nouveau ce moyen, qui pourra être employé par des Artistes patients : & c'est en faveur de ces derniers, que je donne ici une figure qui représente la disposition que l'on peut donner au balancier, pour produire lui-même la correction des effets du chaud & du froid.

Description d'un balancier, portant sa compensation pour la correction des effets du chaud & du froid.

PLANCHE III, fig. 9.

661. J'avois proposé, *Traité des Horloges Marines*, n° 261 : un moyen de compensation, en plaçant à la circonférence du balancier, deux masses portées par des lames composées; mais d'après le calcul que j'ai présenté ci-devant, j'ai vu que deux lames ne sont pas suffisantes pour obtenir la compensation, parce que les deux masses qu'elles portent, ne forment pas la totalité de la pesanteur du balancier : ainsi il vaut mieux employer quatre masses & quatre lames.

662. La figure 9, Planche III, représente le balancier à compensation : *a* est l'axe du balancier : *b*, *c*, *d*, *e* sont les 4 masses qui forment le régulateur ou balancier.

663. L'axe *a* de balancier, porte une assiette sur laquelle est attachée par les vis 1, 2, les barettes ou croisées du balancier. *f*, *g*; *f*, *g*, sont ces croisées; à chaque bout *f* des 4 croisées, est fixé par une vis & deux pieds, les petits ponts ou talon *f*; sur chacun de ces ponts, est fixé en *h* la lame de compensation *h*, *i*.

664. Les lames composées *h*, *i*; *h*, *i*, &c. sont formées chacune par deux lames : l'une, de cuivre, est en dehors, c'est-à-dire, du côté même des lettres *h*, *i*, & l'autre, d'acier, est en dedans : ces lames sont rivées l'une sur l'autre, par plusieurs rivets placés près les uns des autres (n° 652); ainsi lorsque le balancier est exposé au froid, le bout mobile *i*, se rapproche du centre *a* du balancier, & il s'en écarte par le chaud.

665. Sur chaque bout mobile *i*, des lames de compensation, est fixé une broche d'acier *i*, *k* : c'est sur le bout de ces broches, que sont attachées les masses *b*, *c*, *d*, *e* du balancier.

666. Chacune des maſſes porte un canon fendu *l*, dont le trou eſt taraudé pour entrer à vis ſur les branches *i*, *k*; *i*, *k*, &c. Cette diſpoſition des maſſes, eſt la même que j'ai employée dans l'Horloge, n° 8. (Voy. *Traité des Horloges Marines*, nos 934 & 937). Elle eſt également néceſſaire pour régler la Montre dans ſes diverſes poſitions: & pour régler la Montre, ſans augmenter ni diminuer les maſſes, mais ſeulement en les rapprochant, ou en les écartant du centre *a*.

667. Ce que je viens de dire eſt ſuffiſant pour donner une idée de cette eſpèce de compenſation produite par le balancier même. Car on conçoit que dans le même-temps, où les oſcillations du balancier ſont rendues plus lentes par l'action de la chaleur ſur le ſpiral & ſur le balancier, la même chaleur agiſſant ſur les lames de compenſation, elles ſe courbent en ſe rapprochant du centre, & par conſéquent auſſi les maſſes qu'elles portent, enſorte que le balancier devient plus petit; effet qui peut produire la compenſation, en ſuppoſant le rapport convenable dans la longueur & l'épaiſſeur des lames, dans le poids des maſſes, &c. avec la quantité d'accélération, ou de ralentiſſement dans les oſcillations du balancier produits par l'action du froid & de la chaleur ſur le ſpiral, & ſur le changement de diamètre du balancier,

CHAPITRE IV.

Notions sur les principes de construction de ma première Montre Astronomique, ayant un méchanisme de compensation pour la correction des effets du chaud & du froid.

668. LA plus grande cause des écarts des Montres, vient du chaud & du froid, & rien n'est plus difficile à corriger; car les frottements des pivots de balancier, & la résistance des huiles étant le seul moyen de compensation que l'on puisse obtenir par une voie simple, il est infiniment difficile d'obtenir des frottements qui égalent juste la quantité d'action du chaud & du froid, qui change l'élasticité du ressort spiral : les obstacles augmentent sur-tout à mesure que l'on fait de grands balanciers; & l'on ne parvient à la compensation, par les résistances de frottement & des huiles, qu'en diminuant la quantité de mouvement du régulateur, & augmentant la grosseur des pivots de balancier; & ce qui est le plus capable de rebuter l'Artiste le plus opiniâtre, c'est que souvent il arrive qu'en voulant augmenter le frottement des pivots de balancier & leur résistance, on le diminue : par exemple, si on a une Montre qui, ayant un balancier pesant, retarde par la chaleur, on a la certitude que le frottement des pivots n'est pas assez grand; on croira corriger ce défaut, en employant de plus gros pivots, & cependant le contraire arrive souvent, lors sur-tout que la surface des pivots n'est pas proportionnelle à la masse & à la vîtesse du balancier; & dans ce cas, avec des pivots d'un plus grand diamètre, le poids du balancier pénètre moins les pores,

ayant plus de surface. Il n'est donc pas facile de fixer les limites où on doit s'arrêter pour augmenter ou diminuer le frottement qui change encore par la nature de la matière employée, tant pour les pivots que pour les trous.

669. Les mêmes difficultés subsistent, quand on veut changer l'étendue des vibrations, le poids du balancier, &c. Ainsi, quoique le principe fondamental établi soit vrai, on trouve souvent des résultats différents qui sont causés par la variété dans les matières employées pour les pivots & les trous; car avec telle espèce d'acier & de cuivre, les pivots étant des mêmes dimensions, le frottement sera plus grand, & avec d'autres plus petit: d'où l'on voit combien il est difficile d'arriver à cette compensation naturelle dans les Montres; compensation qui d'ailleurs varie selon l'état des huiles & des frottements. Pour donc éviter toutes ces difficultés des Montres, il faut employer pour la correction du chaud & du froid, les mêmes moyens que j'ai adaptés à mes Horloges Marines, & à ma Montre Marine, un méchanisme de correction.

670. Telles sont les observations que je faisois le 17 Mars 1763, en composant ma première Montre Astronomique, laquelle fut exécutée au commencement de 1764: les dessins & la description de cette Montre furent déposés à l'Académie en Août 1764. Voy. *Traité des Horloges Marines*, appendice, pag. 533. Je vendis cette Montre à Londres, en 1766, à M. Pinchebec, qui l'acquit pour le Roi d'Angleterre. Ce qui suit a été écrit dans le même tems, & je donne ces observations, sans y faire de changement.

Principes de construction que j'ai suivis dans la Montre Astronomique, exécutée en 1764.

671. La théorie que j'ai établie pour servir de base à la construction des Horloges Marines, & les expériences que

que l'exécution de ces machines m'ont procuré, ne ſont pas ſeulement utiles pour ces Horloges, mais doivent être également appliquées aux Montres de poche, ainſi que j'en formai le projet dès le 17 Mars 1763. Car, même avant ce tems, je penſois à procurer aux Montres la perfection dont elles ſont ſuſceptibles : mon but en m'occupant de cet e partie, n'a pas été ſimplement de faire de bonnes Montres pour l'uſage ordinaire, mais plutôt de les rendre propres aux obſervations aſtronomiques, & ſur-tout, pour ſervir aux navigateurs.

672. On croit communément que les agitations auxquelles les Montres portatives ſont expoſées, ſont cauſe des écarts de ces machines, & que par cette raiſon, les Montres de femme ſont plus ſujettes à varier que d'autres, de même que celles qui ſont portées étant à cheval; mais il eſt démontré par l'expérience, que les Montres paſſablement bien conſtruites, ſouffrent très-peu de ces agitations du porté : c'eſt-là une propriété eſſentielle du balancier, lors ſur-tout qu'il n'eſt pas trop peſant, que les vibrations ſont promptes, & que l'échappement permet des oſcillations beaucoup plus étendues, que ne ſont celles de levée, & le balancier réglé par le ſpiral, fait naturellement des oſcillations qui ſeroient toujours iſochrones.

673. 1°. Sans les changemens de frottement des pivots, & ſans les réſiſtances variables des huiles.

674. 2°. Si la force motrice étant conſtante, communiquoit toujours la même action au régulateur, en faiſant décrire des arcs de même étendue.

675. 3°. Si l'échappement étoit tel que ſes frottements, étant infiniment réduits, reſtaſſent conſtants, en ſorte que la réſiſtance que le balancier éprouve par l'action de l'échappement, fût toujours la même.

676. 4°. Si le chaud & le froid ne changeoit pas l'élaſticité du reſſort ſpiral, & les dimenſions du balancier.

677. 5°. Enfin ſi le balancier éprouvoit dans ſon mouvement

toujours la même résistance de la part de l'air dans lequel il se meut.

Voilà les principales causes qui changent l'isochronisme des vibrations du balancier.

678. Je ne rappelle pas ici tous les principes qui ont servi de base à la construction de cette machine ; ce sont les mêmes que j'ai établis dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, depuis le n° 1822, jusqu'à 2090, 2270, &c. dont le précis est qu'il faut réduire les frottements de la Montre le plus qu'il est possible, & donner en même-tems la plus grande puissance au régulateur, & corriger par un méchanisme de compensation les variations de la température, qui sont dès lors très-considérables. *Essai* 1894.

679. J'ai employé dans cette Montre, l'échappement à roue de rencontre, afin d'éviter les frottements qu'entraîne celui à cylindre ; mais en obtenant cet avantage, j'en perdis un autre aussi essentiel, c'est qu'avec l'échappement à roue de rencontre une telle Montre est susceptible des inégalités de la force motrice, des huiles, &c.

Dimensions de la Montre astronomique à roue de rencontre.

680. La roue de fusée fait un tour en 4 heures $\frac{1}{4}$.

Le balancier a 12 lig. de diamètre.

Il pese 15 grains.

Il fait quatre vibrations par seconde = 14400 par heure.

La levée de l'échappement est de 40 d.

Le ressort tire 7 gros $\frac{1}{4}$.

L'arc de vibration 180 d.

Le balancier sans spiral tire 16 minutes par heure.

Le chassis de compensation est composé de 12 tringles, 6 d'acier, & 6 de cuivre ; sa longueur du dehors au dehors, est de 16 lignes ; sa largeur 5 lig. $\frac{9}{12}$; grosseur des tringles $\frac{4}{12}$.

Les deux tringles de cuivre du milieu, sont saillantes en

dehors du chassis, & assemblées par une traverse sur laquelle appuie le talon du levier; la longueur du lévier de compensation est de 8 lignes; il agit sur le pince spiral à $\frac{9}{12}$ du centre.

L'intervale entre les ponts du pince-spiral est de 1 lig. $\frac{4}{12}$.

Le balancier à fleur de la platine, le pont, ou coq, est distant de la quantité requise pour le jeu du balancier.

Le spiral passe au-dessus du pont, entre le pont & le coqueret, qui porte le pivot de balancier.

Je ne m'arrête pas plus long-tems sur cette Montre, que je ne considère que comme un premier Essai très-imparfait, & dont je n'ai parlé ici que parce qu'elle est la première Montre de poche à compensation qui ait été faite. Je donnerai ci-après, la construction qui me paroît la plus propre à faire, d'une façon sûre & simple, une bonne Montre de poche. *Voy.* Chapitre VI.

CHAPITRE V.

Notion de la deuxième Montre astronomique, ayant un méchanisme de compensation du chaud & du froid (a).

681. CETTE Montre est à secondes, les heures, les minutes & les secondes sont concentriques au cadran, & disposées comme celles de la Montre à secondes représentée, *Essai sur l'Horlogerie*, *Planche* XXVII. Toutes les roues du rouage ont des ponts placés sous le cadran, afin de donner plus de longueur aux tigerons, & d'égaliser la pression de

(a) Cette Montre fut commencée en 1766, destinée pour M. le Chevalier de Fleurieu, qui s'en est servi dans le voyage qu'il fit en 1768 & 1769, pour l'épreuve des *Horloges Marines*, n° 6 & n° 8.

chaque pivot, les roues se trouvant à égales distances de leurs pivots.

682. Le balancier fait quatre vibrations par seconde; ses pivots tournent dans des trous de rubis, & les pointes sur des diamants; le balancier est placé à égale distance de ses pivots.

683. L'échappement de cette Montre est celui à cylindre.

684. Le ressort moteur est disposé de sorte qu'il reste trois tours de vuide, lorsque la Montre est remontée, ensorte qu'il n'est jamais dans un état forcé, & qu'il ne peut se rendre ni casser; & la fusée est très-petite.

685. Cette Montre ne cesse pas de marcher pendant qu'on la remonte; sa fusée contient un ressort, & le rochet auxiliaire, pareil à celui des Horloges à Longitude.

686. La force motrice n'est que de la quantité requise pour entretenir le mouvement du balancier, lequel arrête au doigt.

687. La compensation du chaud & du foid est produite par une lame composée d'acier & de cuivre, comme dans mes petites Horloges à Longitude.

688. Le balancier est placé à fleur de la petite platine; le spiral passe au-dessus du coq du balancier.

689. Le piton de spiral est fait comme ceux de mes Horloges Marines, & il s'attache sur le coq, avec une vis.

690. Le pince-spiral, qui est très-petit & fort léger, porte deux bras, l'un qui sert de rateau pour le spiral; l'autre bras plus long est terminé en pointe: c'est sur ce bras qu'agit le bout d'une vis portée par l'extrémité de la lame composée; cette vis est portée par une boîte ajustée sur la lame composée; un foible ressort presse continuellement le bras du pince-spiral, contre la lame; le bout de ce bras sert d'index, pour indiquer le chemin que la lame fait faire au pince-spiral, lorsquelle éprouve diverses températures: le coq porte pour cet effet des divisions qui indiquent le chemin du pince-spiral, pour produire la compensation: ces mêmes divisions servent à régler la Montre, soit

en se servant de la vis portée par la boîte, ou coulant de la lame de compensation, ou par le pont même sur lequel l'autre bout de la lame est fixé, ce pont pouvant au besoin tourner sur lui-même, comme on le voit Planche III, fig. 7.

691. La boîte portée par le bout libre de la lame composée, sert à trouver le point propre à la compensation; pour cet effet, on l'approche, ou on l'écarte du centre du pince-spiral.

692. Pour ne pas donner trop d'élévation à la Montre, au lieu de rendre, comme dans mes Horloges, le pince-spiral concentrique au balancier, j'ai au contraire placé l'axe du pince-spiral, à côté de l'axe de balancier; mais avec la direction convenable, pour que la portion de cercle que le pince-spiral décrit, suive la courbure du spiral, sans pouvoir gêner le spiral.

Dimensions de quelques parties de cette Montre.

693. La platine des piliers a 21 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, la hauteur des piliers 3 lig. $\frac{2}{3}$.

Le balancier a 12 lig. de diamètre, il pèse 16 grains.

Les pivots ont 0 lig $\frac{3}{48}$.

Le ressort tire 5 gros $\frac{1}{2}$.

La lame composée a 14 lig. de longueur en action.

Sa largeur 1 lig. $\frac{2}{12}$.

Son épaisseur est de $\frac{2}{48}$ lig. acier & cuivre compris.

REMARQUE.

694. Quoique cette Montre n'ait pas été exécutée avec toute la perfection désirable, cependant depuis que j'ai achevé de la rectifier, elle a marché avec beaucoup d'exactitude; mais il manqueroit encore à cette machine un meilleur échap-

pement que celui à cylindre, & un ſpiral plus parfait; c'eſt pour réunir toutes les propriétés deſirables dans une Montre, que j'ai compoſé la Montre aſtronomique dont la deſcription ſera donnée dans le Chapitre ſuivant, auquel je renvoie.

CHAPITRE VI.

Troiſième Montre Aſtronomique.

695. LE plan de cette Montre eſt fait d'après ceux de mes petites Horloges à Longitude, n° XXVII, &c. dont il ne diffère que par le balancier qui n'a pas de rouleaux, les pivots tournant dans des trous à l'ordinaire : cette Montre eſt à trois cadrans; le balancier fait 4 vibrations par ſeconde, l'échappement libre, aiguille 2 battemens par ſeconde, la compenſation du chaud & du froid par la lame compoſée, le ſpiral iſochrone, &c.

696. Dans une telle Montre, il faut égaliſer, autant qu'il eſt poſſible, le frottement des deux pivots de balancier ; pour cet effet, il faut que le balancier ſoit à égale diſtance de ſes pivots, c'eſt-à-dire, au milieu de la longueur de l'axe: le balancier doit, en conſéquence, être à fleur de la petite platine, & le coq doit porter un pont aſſez élevé pour donner un long *tigeron* ; cette élévation ſert, en même-tems, pour placer la lame compoſée au-deſſus du balancier.

697. La lame compoſée doit être placée dans la verticale de l'axe de balancier, afin que la Montre étant horiſontale ou verticale, la peſanteur de la lame ne tende pas à la faire courber, ce qui feroit varier la Montre de la poſition verticale à l'horiſontale.

698. Pour ne pas donner trop de hauteur à la Montre,

& avoir cependant un reſſort moteur aſſez puiſſant, & qui ne ſoit pas dans un état forcé, lorſqu'il eſt monté au haut; on peut percer la ſeconde platine pour le paſſage du barillet: on peut en faire autant pour la fuſée : leurs pivots ſeront portés par un pont; le même pont portera le pivot de la roue des heures.

Deſcription de la Montre Aſtronomique à trois cadrans.

PLANCHE III, fig. 6 & 7.

699. La fig. 6, repréſente le dehors de la platine-cadran; ſur cette platine, ſont rivés les piliers 1, 2, 3, 4, ce qui forme avec une ſeconde platine, la cage du rouage : *B* eſt le barillet ; *C* le rochet d'encliquetage du grand reſſort : cet encliquetage eſt placé au dehors de la platine-cadran, ainſi que le cadran *O* des heures, celui *M* de minute, & celui *S* de ſeconde: *G* eſt la roue des heures ; *a* le pignon porté par le centre de la roue de fuſée *F*; ce pignon *a* mène la roue des heures; *e* eſt le pignon de minute ; *H* la roue de minute; *I* la roue moyenne, & *g* ſon pignon ; *K* la roue de ſeconde, *h* ſon pignon; *L* la roue d'échappement, & *l* ſon pignon ; *Q*, *l*, fig. 6 eſt le pont de cette roue ; ce pont eſt attaché au dedans de la petite platine; *m* eſt le cercle d'échappement ; *q*, *n*, la détente; *s* ſon pont ; *m*, *p*, *q*, le *reſſort-levée* d'échappement porté par le cercle *m*; *P*, *q*, le pont du pivot ſupérieur du balancier ; *r* le reſſort de la détente, *q*, *n* d'échappement.

700. La Planche III, fig. 7, repréſente le dehors de la ſeconde platine du rouage; elle porte le balancier & le méchaniſme pour la correction du chaud & du froid.

701. *BB* eſt la platine; *M* le balancier; *D*, *E* le pont qui porte en même-tems le balancier & le pince-ſpiral ; la patte *D* eſt attachée ſur la platine ; *E* eſt le pont du

pince-ſpiral, &, *e* le coqueret qui porte le pivot du balancier.

702. Le double pont *D*, *E* eſt vu de profil, Planche II, fig. 9 : *D*, *e* eſt le premier pont, lequel s'attache ſur la platine ; le bout *e* reçoit le pivot, *e* de l'axe, *d*, *e* du pince-ſpiral : le pivot *f* de cet axe entre dans le trou fait en *f* au deuxième pont *E*, *d* ; le bras *b* du pince-ſpiral, *a*, *b* eſt celui ſur lequel agit la vis portée par le bout libre de la lame compoſée : le bras *d* porte la boîte *a*, *c* fendue en *a* pour le paſſage du ſpiral ; c'eſt le mouvement de cette partie *a* qui ſe fait autour du ſpiral qui forme la compenſation, en rendant le ſpiral plus long ou plus court : le coqueret *f* reçoit le pivot de balancier ; l'axe du balancier paſſe dans le trou de l'axe *d*, *e* du pince-ſpiral, cet axe étant formé par un canon ; au-deſſus du coqueret *f* qui eſt de cuivre, doit être placé un rubis, ou un diamant, pour recevoir le bout du pivot de balancier. On doit placer de même un rubis, pour recevoir l'autre pivot du balancier.

703. *a* Planche III, fig. 7, eſt le pince-ſpiral, & *b* le levier ou palette ſur lequel agit la vis *c* de la lame compoſée ; *H*, *b* eſt cette lame ; & *G*, *H* le pont à mâchoire ſur lequel le bout *G* eſt fixé par deux vis ; *f*, *e* eſt le reſſort du pince-ſpiral.

704. Le ſpiral doit être placé en dehors & près du balancier : le pont *E* paſſe au-deſſus du ſpiral ; ainſi le piton *g* doit deſcendre au-deſſous du pont ; pour cet effet ce piton doit porter un talon pour aller gagner la hauteur du ſpiral ; ce piton peut être diſpoſé comme ceux des petites Horloges à Longitude, & fixé par une vis, & tel eſt celui de ma deuxième Montre aſtronomique.

Nombres des roues & des pignons de la Montre Aſtronomique.

705. La roue de fuſée 80 dents, elle engrène dans le pignon de minute de 20.

Le

Le pignon de renvoi porté par la roue de fusée, 16 dents.

La roue des heures conduite par ce pignon, 48 dents.

Roue de minutes 96 engrène dans le pignon 12 de la roue moyenne.

Roue moyenne 90 engrène dans le pignon 12 de secondes.

Roue de secondes 96 engrène dans le pignon 8 de la roue d'échappement.

Roue d'échappement 10 dents = 240 vibrations par minute, ou 14400 par heure.

CHAPITRE VII.

Horloge Astronomique, d'une construction fort simple.

706. L'EXACTE Mesure du Tems, par une Horloge astronomique, est particulièrement fondée sur deux articles; 1°. celui de conserver constamment la même étendue dans les arcs décrits par le pendule; 2°. que la compensation du chaud & du froid soit parfaite, & toujours la même : ces deux articles comprennent tout ce qu'on doit réunir, soit dans sa composition, soit dans l'exécution.

707. Pour obtenir constamment des arcs de même étendue, cela dépend particulièrement de la grande perfection de la suspension du Pendule, du peu de frottement de l'échappement, & de la réduction des frottements du rouage.

Par rapport à la compensation, il est facile de l'obtenir, au moyen d'un Pendule composé, tel que ceux que j'ai décrits dans l'*Essai sur l'Horlogerie*. Je n'ai rien à ajouter à cet article, je me bornerai à donner ici le plan d'une Horloge astronomique que j'ai construite & exécutée en 1766,

pour M. le Chevalier de Fleurieu ; cette machine conserve depuis ce tems, la même exactitude, & le Pendule décrit toujours la même étendue d'arcs.

708. Le rouage de cette Horloge, est composé de deux platines; & de quatre roues seulement, y compris celle d'échappement, les heures, les minutes & les secondes ont leurs cadrans particuliers de la même manière que je l'ai pratiqué dans mes grandes Horloges Marines à poids : les pignons sont de même fort nombrés, & faits à l'outils, & les roues arondies à l'outil, ce qui m'a procuré d'excellents engrenages. Elle marche 15 jours sans remonter, au moyen d'un très-petit poids; cependant le Pendule décrit des arcs de 3 degrés.

709. Le Pendule est composé de 9 tringles, qui forment la compensation du chaud & du froid. Il est suspendu par deux lames de ressort; disposées de manière à ne pouvoir être cassées dans le transport de l'Horloge, &c.

Description de l'Horloge Astronomique à trois cadrans.

PLANCHE VII.

710. La figure 1 représente le plan du rouage de l'Horloge, tracé sur le dehors de la platine des piliers; cette platine *A A*, sert en même-tems de fausse plaque ou de platine-cadran.

711. La première roue *B* fait un tour en 12 heures; la tige sur laquelle elle est rivée, porte à frottement le cadran des heures *C*; les heures paroissent à travers l'ouverture *a*, *b*, faite à la platine cadran *A A*, & elles sont marquées par l'index *c*; cette roue porte la poulie ponctuée *D*, dont le fond porte des points pour retenir la corde du poids, lequel doit être mouflé : toute cette partie n'est pas représentée ici, étant connue.

712. La poulie de remontoir du poids est attachée au

bas du tambour dans lequel le mouvement est placé : sur cette poulie passe une corde *sans fin*, qui est de soie.

713. La roue des heures *B* engrene dans le pignon *d* de minutes, dont le pivot prolongé porte l'aiguille de minutes ; E est le cadran de minutes : le pignon *d* porte la roue *F* de minutes ; elle engrene dans le pignon *e*, qui porte la roue moyenne *G* ; celle-ci engrene dans le pignon de secondes *f*, placé au centre de la cage, le pivot prolongé de ce pignon porte l'aiguille des secondes, dont *HH* est le cadran gradué sur la platine-cadran *AA*.

714. Le pignon *f* porte la roue *I*, qui est celle d'échappement ; cette roue est placée en dehors de la seconde platine, & le pivot de ce côté roule dans le pont *K*, *f*, attaché au-dehors de la seconde platine.

715. L'ancre d'échappement *g*, *h*, *i*, est placé en dehors de la seconde platine, à la hauteur de la roue d'échappement *I*, & son pivot de ce côté, est porté par un pont. L'autre pivot roule dans le trou de la platine-cadran *AA*, vers *i*, la tige passant en dehors de la roue de minute.

716. Je n'ai pas marqué ici les dents de la roue d'échappement *I*, ni décrit cet échappement qui est à repos : j'en ai suffisamment traité dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, où cet échappemont est représenté en grand, Planche XV, fig. 10, & décrit n° 395.

Nombres du rouage.

717. Roue des heures *B*, 240 dents.
Roue de minutes *F*, 160 dents, pignon 20.
Roue moyenne *G*, 150 dents, son pignon 20.
Roue d'échappement *I*, 30 dents, son pignon 20.

718. La figure 2 représente le Pendule composé à baguettes, avec sa suspension & sa lentille, tout monté prêt à marcher : ce Pendule est composé de neuf tringles rondes, cinq d'acier tiré, & quatre de cuivre, aussi tiré à la filière : les bouts des tringles sont ajustés très-justes dans les trous des traverses.

de cuivre, & fixés par des chevilles mises à travers des *traverses* & des tringles; sur la traverse supérieure *A*, à laquelle la suspension est attachée, entrent les bouts *a*, *a*, des tringles d'acier *a*, *b*; *a*, *b*, & y sont attachés par des chevilles: les bouts inférieurs *b*, *b*, des tringles *a*, *b*; *a*, *b*, entrent de la même manière dans la traverse *B*, & y sont fixés par des goupilles; sur la même traverse *B*, entrent les bouts *c*, *c* des tringles de cuivre *c*, *d*; *c*, *d*, & y sont fixés par des chevilles: les bouts supérieurs *d*, *d* de ces tringles de cuivre entrent dans la traverse *C*, & s'y fixent par des chevilles: dans cette traverse *C*, entrent les bouts supérieurs *e*, *e* des tringles d'acier *e*, *f*; *e*, *f*, & s'y fixent par des goupilles: les bouts inférieurs *f*, *f* des tringles d'acier *e*, *f*; *e*, *f*, entrent dans les trous de la traverse *D*, & y sont fixés par des goupilles; sur cette traverse *D*, entrent les bouts inférieurs *g*, *g*, des tringles de cuivre *g*, *h*; *g*, *h*, & y sont fixés par des chevilles: les bouts supérieurs *h*, *h* de ces tringles de cuivre entrent dans les trous de la traverse *E*, & s'y fixent par deux chevilles; enfin sur cette même traverse *E*, entre le bout supérieur *i* de la tringle d'acier *i*, *l*, qui forme le milieu du Pendule, & s'y fixe par une cheville: le bout inférieur *l*, entre dans la pièce *F*, qui traverse la lentille *H*, & la supporte au moyen de l'écrou *G*, qui sert à régler l'Horloge; la pièce *p* est une vis de pression qui empêche l'écrou de tourner: sur la pièce *F*, entre une boîte ou coulant *I*, qui sert à régler l'Horloge au plus près. Pour cet effet, on la fait monter ou descendre selon la longueur *l*, *o*, qui est graduée, afin de connoître le chemin que l'on fait faire à la boîte.

719. Le bout inférieur *l*, de la tringle d'acier *i*, *l*, entre dans un trou fait à la pièce *F*, qui porte la lentille, & elle y est fixée par deux broches à tête gaudronnée, lesquelles on peut retirer à volonté, pour séparer la lentille du Pendule, lorsqu'on veut transporter l'Horloge.

720. La fig. 3, représente la suspension du Pendule vue de côté; elle est formée par deux lames de ressort *aa*, *bb*,

a a, *b b*; chaque bout des deux lames est fixé sur une pièce, comme *K* & *L*, fig. 4, traversée par un axe *p*, *p*, *q*, *q*, mobile par des pivots sur les entailles des traverses de suspension *M*, *M*, *N*, *N*, fig. 3 & 4.

721. La traverse supérieure *A* du Pendule vue de profil, fig. 3, porte deux crochets *O*, qui assemblent le Pendule avec la suspension; de sorte qu'on peut séparer le pendule de la suspension, quand on veut transporter l'Horloge : la vis *P* sert à fixer le Pendule avec sa suspension.

722. La fourchette *Q*, *Q*, *R*, *R*, portée par la traverse *M*, *M*, de suspension, fig. 4, sert à garantir les ressorts de tout accident, en limitant l'extension des lames. Ces mêmes fourchettes sont vues de côté, fig. 3, en *Q*, *R*, *Q*, *R*.

723. Le support de suspension *G*, *G*, *N*, *N*, est formé d'une pièce de cuivre faite en croix; les parties *N*, *N*, portent les lames *a*, *a*, *b*, *b*, & les bouts *G*, *G* du support, sont percés à chaque bout d'un trou *H*, pour recevoir les pivots des vis *I*, *I*; ces vis sont portées par les talons *F F*, fixés à une plaque de cuivre quarrée, sur laquelle s'ajuste le mouvement de l'Horloge; cette plaque s'applique contre le mur, & doit être soutenue par un clou à crochet assez solide pour supporter l'Horloge.

724. *A*, *C*, *E*, figure 4, sont les trois traverses supérieures du Pendule vu en entier, fig. 2, & *B*, *D*, les traverses inférieures du même Pendule; les deux bouts du pendule sont vus dans cette figure, dans leur vraie grandeur, tant les traverses que les tringles dont 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6; 7, 7 & 8, sont les chevilles qui fixent les tringles *a*, *a*; *b*, *b*, &c. à ces traverses; *O*, *O*, sont les crochets portés par la traverse *A*, pour assembler le Pendule avec sa suspension.

725. Le bout *l*, de la tringle d'acier du milieu, est la partie qui doit supporter la lentille, & entrer dans la pièce *F*, fig. 2; dans la figure 4, le bout *l* de la tringle, n'a pu être représenté dans sa vraie longueur.

Cette suspension m'a très-bien réussi; mais j'avoue qu'elle exige un travail assez considérable, & beaucoup de soins:

sans doute, on préférera la suspension à couteau, beaucoup plus simple que celle-ci.

Profil du rouage.

726. Piliers 15 lig. hauteur.

La grande roue des heures éloignée de 8 lig. $\frac{1}{2}$ de la platine-cadran.

La poulie est attachée au côté de la roue, qui est vers la platine-cadran.

La roue de minutes est placée du côté de la platine-cadran, à 2 lig. de distance.

La roue moyenne est placée du côté de la platine-cadran, à 6 lig. $\frac{1}{2}$ de distance.

La roue d'échappement est placée en dehors de la cage, à 2 lig. de distance de la seconde platine.

L'ancre d'échappement est placée en dehors de la cage, comme la roue d'échappement.

Le pont de la roue d'échappement a 6 lig. de hauteur.

Dimensions du Pendule composé à baguettes.

727. La longueur du chassis en dehors des traverses *A*, *B*, fig. 2, est de 30 pouces.

Les traverses ont 6 lig. de largeur, & 5 lig. d'épaisseur.

La distance des verges d'acier extérieures est de 2 pouces 11 lig.

Diamètre des tringles, 3 lig.

La lentille pèse 15 livres.

L'Horloge étant réglée, la distance du centre de la lentille, au point de suspension est de 3 pieds 2 pouces $\frac{1}{2}$.

CHAPITRE VIII.

Horloge Astronomique, Pendule à demi-secondes, première construction.

728. Les grandes Horloges astronomiques, à Pendule composé, battant les secondes, sont d'excellentes machines; mais lorsqu'elles doivent servir pour un observateur qui voyage, elles deviennent embarrassantes, & elles sont exposées à divers accidents : j'ai donc cherché le moyen d'obtenir la même justesse, en employant un Pendule plus court, comme celui à demi-secondes. Je pense que l'Horloge que je propose ici, pourra suppléer celles dont le Pendule bat les secondes.

729. J'ai appliqué à cette Horloge mon échappement libre à détente; les vibrations du Pendule sont à demi-secondes, ainsi l'aiguille bat les secondes. Le rouage est disposé comme ceux de mes Horloges à Longitude sans cadrature; les heures, les minutes & les secondes sont excentriques; le mouvement composé de cinq roues, y compris celle d'échappement; les dents des roues & des pignons, sont faites à l'outil, de même que dans mes Horloges Marines.

PLANCHE IX.

730. Le régulateur de cette nouvelle Horloge, est formé par un Pendule composé à chassis, exactement de la même construction que celui que j'ai donné dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, représenté Planche XXVII, fig. 1, & décrit nos 1761 & 2008, dont il ne diffère que par les dimensions: dimensions qui sont cependant telles que la compensation du

chaud & du froid, se fait aussi complettement dans ce Pendule à demi-secondes, que dans le grand Pendule à secondes. J'en donnerai ci-après les dimensions ; la figure même de ce Pendule, est d'ailleurs faite sur les mesures précises qu'il doit avoir.

731. Le chassis d'acier *a*, *b*, *c*, *d*, Planche IX, fig. 1, est formé d'une seule pièce avec la fourchette *x*, *H*, dans laquelle est ajustée le couteau qui porte le Pendule : *e*, *f*; *g*, *i*, sont deux verges de cuivre, dont les parties *f*, *g*, posent sur la traverse inférieure *d*, *e*, du chassis d'acier ; les bouts supérieurs des mêmes verges, reçoivent les talons du second chassis d'acier *l*, *m*, *n*, *o* : *p*, *q* ; *r*, *s*, sont deux verges de cuivre dont les parties inférieures posent sur la traverse *n*, *o* du second chassis d'acier ; *t*, *u* est une verge d'acier, dont les talons posent sur le bout supérieur *p*, *r* des verges de cuivre, *p*, *q* ; *r*, *s* : le bout inférieur *u* de la verge d'acier du milieu passe à travers les mortoises des traverses *n*, *o* & *c*, *d* des deux chassis d'acier, & descend jusques en *y* ; cette partie est taraudée, & entre dans l'écrou *z*, qui porte la lentille *L*, au moyen de la fourchette d'acier *M*, qui embrasse la lentile, & dont la vis 1 la suspend par son centre : la fourchette *M*, est attachée par deux vis sous la fourchette de cuivre *N*, *N*, ajustée en coulant sur le bord extérieur du premier chassis d'acier ; la traverse de cuivre *O*, attachée aux bras *N*, *N* de la fourchette, maintient tout le bas du Pendule, dont les barres qui le composent peuvent monter & descendre librement : la traverse supérieure *P*, sert à contenir de même les bouts des branches à chassis supérieurs du Pendule.

732. Le bas de la lentille, *L*, porte en *Q* une pièce *Q*, *S*, sur laquelle est ajustée le coulant ou poids *R*, *R*, qui sert à régler l'Horloge au plus près; la branche *S*, *Q*, étant graduée : le coulant se fixe sur cette branche, au moyen de la vis *h*.

733. Le bout *S* de la pièce *Q*, *S*, sert d'index pour marquer

marquer l'étendue des arcs décrit par le Pendule, au moyen du limbe *T*, *T*, gradué en degrés du cercle.

734. Les figures 2 & 3, repréſentent la ſuſpenſion du Pendule, *A*, *A*, fig. 2, ſont deux ponts qui s'attachent ſur la plaque de cuivre *V*, *V*, fig. 1, vers *a*, *b*; les pièces *A A*, portent deux vis à pivots, ſur leſquelles roulent le ſupport *B*, *B*, vu en plan, fig. 3; c'eſt ce ſupport qui porte la gouttière *a*, *a*, ſur laquelle poſe l'angle *x* du couteau, fig. 1.

735. La plaque *V*, *V*, qui porte la ſuſpenſion & le Pendule doit ſervir de même à porter le mouvement de l'Horloge, vu fig. 4: cette plaque *V*, *V* eſt attachée ſur la planche *X X*, *T T*, dont la partie inférieure porte le limbe *T*, *T*.

736. Cette Planche *X*, *X*, & la plaque *V*, *V* s'attachent contre un mur, au moyen d'un clou à crochet.

737. La fig. 4, repréſente le mouvement de l'Horloge; *A A* eſt la platine-cadran, ſur laquelle eſt tracé le rouage: la première roue *B*, fait un tour en 12 heures, elle porte le cadran des heures mis à frottement ſur ſon axe: les heures ſont vues à travers l'ouverture faite à la platine-cadran: l'arbre ou tige de cette roue, porte auſſi la poulie du poids. Cette roue a 240 dents, elle engrène dans le pignon de minute *a*; ce pignon a 20 dents, ſon pivot prolongé porte l'aiguille de minute; *C C* eſt une portion du cadran de minute; ſur l'axe de ce pignon, eſt rivée la roue *C* de minute; cette roue a 160 dents, elle engrène dans le pignon *b* de la roue moyenne *D*, de 150: celle-ci engrène dans le pignon *c* de ſecondes; le pivot prolongé de ce pignon, porte l'aiguille de ſecondes: *E E* eſt une portion du cadran de ſecondes: la roue de ſecondes *E*, a 120 dents, elle engrène dans le pignon *d* de la roue d'échappement *F*; ce pignon a 20 dents; la roue d'échappement a 10 dents. Elle eſt ici miſe en cage, comme toutes les autres roues du rouage; *e*, *f*, *g*, *k*, eſt la détente d'échappement, dont l'axe *f* eſt auſſi mis en cage; *e* eſt le bras qui ſuſpend l'action de la roue pendant que le Pendule oſcille librement; *g* le bras

droit sur lequel agit la cheville du ressort levée, *a*, *a*, *g*, porté par le cercle *G* d'échappement; cette portion de cercle *G* est fixée en *H*, par deux chevilles à la fourchette, qui porte le couteau, comme on le voit en *H*, fig. 1; & fig. 4; le bras *h* sert de poids pour ramener la détente; ce poids tient lieu de ressort.

738. Le mouvement de l'Horloge doit être porté par 4 piliers rivés sur la platine *V V*, qui est la même dont on en voit une portion, fig. 1, en *VV*.

Remarque sur la construction de cette Horloge.

Par la disposition que j'ai donnée à l'Horloge que je viens de décrire, la roue d'échappement agit immédiatement sur le Pendule, sans l'entremise d'une fourchette : & cela évite le frottement de cette fourchette & de ses deux pivots : mais en revanche, cette machine devient d'une exécution plus difficile, elle occupe plus de place, & est moins commode pour être transportée. Je vais donner un autre moyen pour employer l'échappement libre plus facilement, & plus sûrement dans une Horloge à Pendule.

Seconde construction à employer pour cette Horloge Astronomique, avec le Pendule, à demi-secondes, échappement libre.

739. La fig. 5, Planche IX, représente le dehors de la seconde platine du mouvement, vu fig. 4 : c'est sur cette platine que l'échappemenr est placé : les cercles ponctués, *B*, *C*, *D*, *E* représentent les roues du rouage, fig. 4; la roue d'échappement *F*, fig. 5, est placée au dehors de la platine, & son pignon va engrener au dedans de la cage de la roue de secondes *E*, Le pont *I* reçoit le pivot de dehors de

la roue d'échappement : *H* est le centre de mouvement du cercle d'échappement *G* : l'angle du couteau du Pendule, doit être placé exactement à la même hauteur de ce point : *H*, *K* est le pont qui reçoit le pivot de dehors de l'axe du cercle *G*, *H*. L'autre pivot roule dans un trou de la platine-cadran : le cercle *G* porte en *L* une tige qui répond à l'ouverture qui doit être faite en *Y*, fig. 1, à la verge du milieu du Pendule ; cette broche ou fourchette *L*, fig. 5, doit se mouvoir par une vis de rappel, pour mettre l'Horloge d'échappement. Voy. la disposition de cette Partie, *Essai sur l'Horlogerie*, Planche III, fig. 7, 8 & 9.

740. *e*, *f*, *g h*, est la détente d'échappement mise en cage au dehors de la seconde platine, fig. 5, au moyen du pont *M*; *f* est son centre de mouvement ; *e* le bras qui suspend l'action de la roue d'échappement *F* : *g* le bras droit sur lequel agit la cheville du ressort levée *a a*; ce ressort est porté par le cercle d'échappement *G* ; *f h* le bras du poids *h*, qui ramène la détente.

741. La construction que je viens de donner à l'échappement libre, appliqué à une Horloge à Pendule, est la même que celle employée dans mes Horloges à Longitude, & l'exécution doit être faite de la même manière qu'elle est détaillée première Partie, Chapitre IV ; ce qui me dispense d'en répéter les opérations.

742. Quoique cette Horloge commencée depuis fort long-temps, ne soit pas encore terminée, je suis certain, qu'étant bien exécutée, on obtiendra une justesse égale à celle des grandes Horloges, dont le Pendule bat les secondes.

CHAPITRE IX.

Horloge astronomique allant 42 jours sans être remontée ; Pendule composé à chassis, à demi-secondes, échappement à vibration libres, aiguille battant les secondes.

De la disposition qu'il faut donner à cette Horloge, pour la faire marcher 42 jours sans la remonter.

743. L'HORLOGE que je viens de décrire dans le Chapitre VIII, ne peut marcher qu'environ 15 jours sans être remontée, étant placée à la hauteur convenable, pour que le cadran soit bien en vue ; mais en ajoutant une roue de plus au rouage, & un pignon, la même machine pourra marcher 42 jours sans être remontée, & comme cela est beaucoup plus commode, je vais donner les dimensions convenables.

744. Au lieu de la poulie placée sur la roue des heures *B*, Planche IX, fig. 4, il faut que l'axe de cette roue porte un pignon de 20 dents du diamètre de 5 lig. $\frac{5\frac{1}{2}}{12}$, & la roue que l'on ajoutera, portera la poulie ou cylindre du poids : cette roue ayant 120 dents devra avoir 32 lignes $\frac{1}{2}$ de diamètre : elle fera un tour pendant que celle *B* des heures en fera 6 : donc la roue de cylindre ou de poulie fera un tour en 3 jours, puisque la roue des heures *B* fait un tour en 12 heures : & pour que l'Horloge marche 42 jours sans être remontée, la roue de cylindre devra faire 14 tours.

745. Le centre du cadran de l'Horloge étant placé à la hauteur de 5 pieds 6 pouces, la plus convenable pour être bien en vue, la descente du poids ne peut être que

de 4 pieds : le restant est employé pour la longueur du poids, de sa poulie, & de la poulie de remontoir qui doit être au bas de la cage.

746. Le poids étant moufflé ainsi que cela doit être, c'est comme si on doubloit la descente du poids, puisque la longueur de la corde devient double; on a donc deux fois 4 pieds de corde, ou 96 pouces employés dans l'espace de 42 jours : ce qui produit 14 révolutions de la roue de cylindre. Ainsi, en divisant la longueur de 96 pouces de la corde, par 14 révolutions de la première roue, on a 6 pouces $\frac{6}{7}$ = 6 pouces 10 lig. $\frac{2}{7}$ = 82 lig. $\frac{2}{7}$ pour la circonférence que doit avoir la poulie ou cylindre de la première roue du rouage.

747. Pour trouver le diamètre du cylindre, on fera la proportion suivante.

355 (*a*) : $113 :: 80\frac{2}{7} : x = 25\frac{197}{355}$ lig.; en faisant le produit des termes extrêmes de la proportion, & divisant par le terme moyen, on a le diamètre cherché.

```
  113
   80 2/7
---------
 9040
   32
 9072   355
-----------
 1972  25 197/355
  197
```

Le calcul fait, on trouve 25 lig. $\frac{197}{355}$, pour le diamètre cherché, qui est celui du cylindre, ou de la poulie pour la corde du poids.

748. Au lieu d'employer un cylindre canelé, placé sur

(*a*) Les Géomètres ont fixé le rapport très-approchant du diamètre d'un cercle à sa circonférence, par les nombres que nous employons ici; savoir comme 113 est à 355, ou comme 1 est à 3,1416.

la première roue, pour la corde du poids, il ſera peut-être plus ſimple de ſe ſervir d'une poulie & d'un contre-poids, parce qu'avec cette diſpoſition l'Horloge ne ceſſe pas de marcher pendant qu'on la remonte.

REMARQUE I.

Je terminerai cet article, en obſervant que la diſpoſition que je viens d'indiquer, peut être également employée à l'Horloge aſtronomique décrite dans le Chapitre précédent, & avec les mêmes dimenſions données ci-deſſus.

REMARQUE II.

749. Je dois obſerver ici que la poulie devroit être tenue un peu plus petite que ne le donne le calcul, parce que la groſſeur de la corde du poids augmente la grandeur de la poulie; car ſi cette corde a deux lignes de groſſeur, elle augmente le rayon de la poulie d'une ligne, & par conſéquent ſon diamètre de deux lignes. Mais dans l'élévation à laquelle nous avons placé le centre du cadran, la deſcente du poids doit avoir plus que les 4 pieds que nous avons ſuppoſés pour la deſcente du poids : ainſi la poulie peut avoir 25 lig. de diamètre.

750. Mais ſi on étoit borné à une meſure préciſe pour la deſcente du poids, & que l'on voulût l'employer rigoureuſement; alors il ſeroit néceſſaire de ſouſtraire de ſon diamètre, deux fois la demi-groſſeur de la corde : c'eſt-à-dire, que le diamètre de la poulie devroit être plus petit de la quantité du diamètre même de la corde du poids.

751. Les détails que je donne ici ſont faits en faveur des ouvriers qui n'ont aucune connoiſſance des principes qui doivent les diriger, lorſqu'ils exécutent des Pendules à ſecondes, dont les dimenſions ne leur ont pas été fixées; & il eſt important pour la perfection de ces ma-

chines, de ne pas perdre les avantages que procure la plus grande descente du poids, ce qui détermine toujours, comme nous l'avons vu, les autres conditions de la machine.

Description de l'Horloge Astronomique.

PLANCHE X.

752. Je m'étois d'abord proposé de donner seulement une notion de cette Horloge; mais depuis que je me suis occupé de son exécution, j'ai vu que pour en faciliter l'intelligence, il étoit nécessaire de donner un nouveau plan, avec la disposition du mouvement destiné pour la faire marcher 42 jours : & d'ailleurs, pour mieux en concevoir la construction, j'ai jugé qu'il falloit donner le profil de l'Horloge rassemblée : j'en ai en conséquence fait les dessins que j'ai fait graver. Je m'y suis déterminé d'autant plus volontiers, qu'il m'a paru que cette Horloge astronomique, présente plusieurs avantages : 1°. de pouvoir être transportée facilement, à cause de son peu de volume : 2°. d'avoir un échappement qui a très-peu de frottement : 3°. de pouvoir marcher long-temps sans être remontée; indépendamment de ces avantages, je pense qu'elle sera encore utile en présentant de nouveaux moyens de construction.

753. La Planche X, fig. 1, représente le profil de cette Horloge, qui est composée de trois platines de même grandeur de figures quarrées : ces platines forment deux cages qui contiennent ou supportent toute la machine; la platine *A*, *A*, doit avoir le double de l'épaisseur des autres platines, parce que c'est elle qui soutient toute l'Horloge, Pendule, poids & rouage : cette platine *A*, *A*, doit être attachée par 4 fortes vis sur une planche en bois de noyer d'un pouce d'épaisseur; cette planche doit être elle-même fixée solidement contre un mur, par un clou à crochet, &c.

le bas de la planche porte le timbe *T, T*, vu en plan, (Planche IX, fig. 1). Sur la platine *A, A* (Planche X) fig. 1, ſont rivés 4 piliers ſolides *B, B*, vus en plan, fig. 2. Ces 4 piliers ſont aſſemblés avec la ſeconde platine *C, C*, & ſervent de ſupport à la cage du rouage & du poids moteur. La troiſième platine *D, D*, porte 4 piliers qui aſſemblés avec la ſeconde *C, C*, forme la cage du rouage.

754. La première roue *E, E* du rouage, porte la poulie *F, F* ſur laquelle paſſe la corde qui ſoutient le poids moteur *I*; cette corde paſſe ſous la poulie *G*, remonte ſur celle *H, H* de remontoir, & va enſuite ſur une troiſième poulie, qui porte le contre-poids, vu (fig. 2); la poulie de remontoir *H*, porte le rochet d'incliquetage *X, X*; l'un & l'autre ſont placés en dehors de la platine des piliers, & tourne ſur une forte broche d'acier attachée à cette platine.

755. La roue *E, E* engrene dans le pignon *a, E*; ſur l'axe de ce pignon, eſt rivée la roue des heures *K, K*; *L, L* eſt le cadran des heures, rivé ſur un canon qui entre à frottement ſur l'axe du pignon *a*.

756. La roue des heures *K, K* engrene dans le pignon de minutes, dont l'axe prolongé porte le pivot *b*, ſur lequel s'ajuſte l'aiguille des minutes : le pignon de minute, ne peut être vu dans le profil, parce qu'il eſt derrière l'aſſiette de la roue des heures, qui ſe trouve dans la même direction du pignon. (Voy. fig. 2); l'axe du pignon de minutes, porte la roue *M, M* de minutes, dont *c, c* eſt l'aſſiette.

757. La roue de minutes *M, M*, engrene dans le pignon *d*, dont l'axe porte la roue moyenne *N, N*. Celle-ci engrene dans le pignon *e* de ſecondes; le pivot prolongé *f* de ſon axe, porte l'aiguille des ſecondes; l'axe du pignon *e*, porte la roue *O, O* placée au dehors de la cage du rouage, & dont le pivot roule dans le trou du pont *g, g* attaché par une vis & deux pieds ſur le dehors de la platine *C, C*.

758. La roue de ſecondes *O, O*, engrene dans le pignon

gnon *h* qui porte la roue d'échappement *P*, *P*. Cette roue est mise en cage, au moyen de la platine *C*, *C*, & du pont *i*, *k* attaché par une vis, & deux pieds sur le dehors de la seconde platine du rouage.

759. La roue *P*, *P* communique son action au cercle d'échappement *Q*, mobile en *l* : le pivot *l* de l'axe du cercle d'échappement tourne dans le trou du pont *m* : ce pont est attaché par une vis & deux pieds sur le dehors de la seconde platine *C*, *C* du rouage, & le pivot *n* du même axe, tourne dans le trou fait à la platine *D*, *D* des piliers du rouage.

760. La détente d'échappement *o*, *p*, *q*, est mise en cage en dehors de la seconde platine *C*, *C* du rouage, au moyen du pont *r*, *S*, attaché à cette platine par une vis & deux pieds : *p* est l'axe de la détente, *o* le talon qui suspend l'action de la roue d'échappement *P*; & *q* le bras de cette détente qui est élevée par la cheville *t* de la *levée-ressort* attachée sur le cercle d'échappement *Q*. (Voy. Planche IX, fig. 5, le plan de l'échappement, & Planche X, fig. 2).

761. Le cercle d'échappement *Q*, porte la tige *u*, laquelle sert à communiquer au Pendule *R*, l'impulsion du moteur transmise à l'échappement, pour entretenir le mouvement du régulateur ou Pendule.

762. Le Pendule composé représenté en plan, Planche IX, fig. 1, est vu de profil, Planche X, fig. 3; c'est le même Pendule qui est appliqué à l'Horloge astronomique, vue de profil, Planche X, fig. 1. On n'a pas pu représenter dans cette figure, le Pendule en entier : *R* représente une partie de la verge, dont *S*, *S* est le couteau sur lequel se meut le Pendule; le couteau *S* pose dans le fond de la rainure du support *T*, *T*, mobile en *U*, sur deux vis diamétralement opposées. Ce mouvement du support sert à faire reprendre au pendule son *à plomb* : la vis *U* est portée par un pont *V*, *V*, dont la patte est fixée par une vis & deux pieds sur la première platine *A*, *A* : la fig. 2, Planche IX,

repréſente la diſpoſition du ſupport & de ſes ponts, & la fig. 3 de la même Planche, repréſente le ſupport vu en plan.

763. La figure 3, Planche X, repréſente le Pendule, vu de profil : *H* eſt la partie du chaſſis d'acier, ſur laquelle eſt fixé le couteau *S*; *b* le haut du chaſſis, *P* les traverſes de cuivre qui contiennent les bouts ſupérieurs des barres du Pendule, *O* les traverſes attachées ſur la fourchette *N* de cuivre, pour contenir les bouts inférieurs des barres du Pendule; *M*, *M* la fourchette d'acier qui embraſſe la lentille *L*, fixée à cette fourchette par la vis *I* : *R*, *Q*, *S* la pièce attachée au bas de la lentille, pour porter le poids, *R*, *R*, ſervant à régler l'Horloge au plus près : voy. ci-devant (n° 731), la deſcription du Pendule compoſé à chaſſis à demi-ſecondes.

764. La fig. 2, Planche X, repréſente le plan de l'Horloge, tracé ſur le dehors de la troiſième platine-cadran *D*, *D*, ou des piliers du rouage.

765. *E*, *E* eſt la premiere roue du rouage, ſur laquelle eſt attachée par deux vis la poulie *F*, *F* du poids moteur. Cette roue a 120 dents & 32 lignes $\frac{1}{2}$ de diamètre; elle engrene dans le pignon *a*, qui a 20 dents & 5 lignes $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre; ſur l'axe de ce pignon eſt fixée la roue des heures.

766. La roue des heures *K*, *K*, a 240 dents & 29 lig. de diamètre; elle engrene dans le pignon *b* de minute; ce pignon a 20 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre. Il porte la roue de minutes.

767. La roue de minutes *M*, *M* a 160 dents & 19 lig. $\frac{4}{12}$ de diamètre; elle engrene dans le pignon *d* de la roue moyenne; ce pignon a 20 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre.

768. La roue moyenne *N*, *N* a 150 dents & 18 lig. $\frac{3}{12}$ de diamètre; elle engrene dans le pignon *e* de 20 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre; l'axe de ce pignon porte la roue de ſecondes.

769. La roue *O*, *O* de secondes, a 120 dents & 14 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, elle engrene dans le pignon *h* de 20 dents & deux lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre : l'axe de ce pignon porte la roue d'échappement; *g*, *d* est le pont de la roue de secondes.

770. La roue *P*, *P* est celle d'échappement; elle a 10 dents & 12 lig. de diamètre; *i*, *k* est le pont de cette roue.

o, *p*, *q* est la détente d'échappement; *r*, *s* le pont de la détente dont *p* est le centre de mouvement; l'axe de cette détente doit porter le bras *g* qui tient lieu de ressort pour la faire retomber. Voy. Planche IX, fig. 5, & ci-devant n° 737.

771. *l*, *Q* est le cercle d'échappement, dont le centre de mouvement est en *l*; *l*, *m* est le pont de l'axe du cercle *Q*, *l*.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails sur cet échappement; on peut voir les effets & la construction de l'échappement à vibrations libres, décrit Chapitre IV, n° 82 & suivant.

772. *H* est la poulie de remontoir du poids; elle est fixée sur un canon qui roule sur une broche d'acier portée par le dehors de la platine-cadran *D*, *D* : à l'autre bout du même canon, est fixé le rochet *X*, *X* d'encliquetage; *x* est le cliquet, & *y*, *x* le ressort : le fond de la poulie *H*, *H*, doit être garni de pointes de même que la poulie *F* du poids : la corde qui passe sur ces deux poulies, doit être faite de soie, comme celà se pratique dans cette sorte de disposition, & on sait que cette corde est rejointe par les deux bouts, pour former une corde *sans fin* : *G* est la poulie qui soutient le poids moteur *I*, & *Y* la poulie du contre-poids *Z*.

773. *L*, *L* est la portion du cadran des heures, qui paroît à travers l'ouverture faite à la platine-cadran *D*, *D*, pour voir les heures; *v*, l'index porté par la platine.

1, 2, 3, 4 font les quatres piliers portés par la platine-cadran *D*, *D*; *C*, *D*, fig. 1, repréſentent deux de ces piliers.

774. 5, 6, 7, 8, font les quatres piliers portés par la platine de ſuſpenſion, & qui ſervent à porter la cage du rouage : *B*, *B*, fig. 1, repréſente un de ces piliers.

775. Les pignons de cette Horloge, ſont fendus ſur la machine à fendre, & arrondis à l'outil, de même que les roues, c'eſt-à-dire de la même manière que ſont exécutés les pignons & les roues de mes Horloges à Longitude.

CHAPITRE X.

Du Pendule à demi-ſeconde, composé avec des tringles pour la correction des effets du chaud & du froid; & la méthode d'en fixer les dimenſions par le calcul; celle de vérifier ces ſortes de Pendules, par des épreuves ſûres.

1°. *Diſpoſition du Pendule à demi-ſeconde, composé avec des tringles.*

776. LE Pendule composé à chaſſis que j'ai décrit ci-devant, n° 731, lequel eſt repréſenté, Planche IX, fig. 1, & qui eſt vu de profil, Planche X, fig. 3, eſt conſtruit de manière à remplir parfaitement ſes effets, & ſes dimenſions ſont données pour opérer complettement la compenſation des effets du chaud & du froid; mais ce Pendule exige une très-grande préciſion dans ſon exécution, & un travail aſſez conſidérable, enſorte que par-là, il ne peut pas

être facilement exécuté par des ouvriers ordinaires en Pendule.

C'eſt pour éviter les difficultés de ſon exécution, que je conſeille à ces derniers d'exécuter préférablement le Pendule composé à baguette, qui eſt plus ſimple & plus facile à travailler, & c'eſt en leur faveur que je vais donner la diſpoſition & les dimenſions de ce Pendule, telles que je les ai ſouvent employées.

777. La diſpoſition des tringles d'acier & de cuivre, qui doivent former la compenſation, doit être la même dans le Pendule à demi-ſecondes, que pour celui qui bat les ſecondes, ainſi ces deux Pendules ne diffèrent que par leurs dimenſions : c'eſt par cette raiſon que je me ſuis diſpenſé de repréſenter de nouveau le Pendule à demi-ſecondes. La fig. 2, Planche VIII, qui repréſente le Pendule à ſeconde, peut également ſervir à diriger l'exécution du Pendule à demi-ſecondes à tringle : mais nous devons obſerver ici que dans le Pendule à demi-ſecondes, on ne peut pas employer facilement la ſuſpenſion à reſſort, comme on le fait pour le Pendule à ſeconde, Planche VIII, parce que la longueur du reſſort de ſuſpenſion obligeroit d'entailler la lentille encore plus qu'elle ne l'eſt pour le Pendule à demi-ſecondes à chaſſis, vu Planche IX, fig. 1. Il faut donc appliquer la ſuſpenſion à couteau, qui eſt d'ailleurs préférable pour les courts Pendules : & pour avoir encore plus de facilité à employer les dimenſions requiſes pour la compenſation dans le *chaſſis à tringles*, ſans trop entailler la lentille, & par conſéquent, pour ménager ſon ajuſtement, il faut que l'angle du couteau de ſuſpenſion deſcende juſques au milieu de la traverſe ſupérieure du chaſſis ; c'eſt-à-dire, qu'il ſoit au niveau des chevilles *a*, *a* de la traverſe *A*, Planche VIII, fig. 2.

778. Dans le Pendule composé à chaſſis à demi-ſecondes, repréſenté Planche IX, fig. 1, j'ai ſuſpendu la lentille par ſon centre, & c'eſt un avantage, puiſque les dilatations du cuivre dont cette lentille eſt formée, & celles du plomb dont elle eſt

eſt remplie, ne peuvent pas altérer la compenſation (a), mais cette conſtruction qui eſt très-bonne, exige trop de travail, enſorte que pour l'éviter dans les Pendules composés à tringles, j'ai ajuſté tout ſimplement la lentille, comme on le fait ordinairement ſur un quarré dont le bout inférieur eſt taraudé pour recevoir l'écrou qui ſert à régler l'Horloge, de la manière qu'on le voit, Planche VIII, fig. 2, & cette méthode eſt ſuffiſante pour les Horloges à demi ſeconde, dans leſquelles on n'exige pas la préciſion la plus rigoureuſe.

Dimenſions du Pendule compoſé à tringles à demi-ſecondes.

Planche VIII, fig. 2.

779. La longueur du chaſſis à tringles, doit être de 8 pouces, depuis le dehors de la traverſe *A*, juſques au dehors de la traverſe *B*, qui forme le premier chaſſis.

La largeur des traverſes *A*, *B* doit être de 2 $\frac{1}{2}$ lignes chacune; chaque traverſe *C*, *D*, *E* doit avoir 2 lig. de largeur.

780. L'intervale entre les traverſes *A*, *C*; *C*, *E*; *D*, *B* doit être d'environ $\frac{1}{3}$ de ligne.

781. La largeur du chaſſis priſe du dehors des tringles d'acier *b*, *b*, doit être de 18 lignes.

782. La groſſeur des tringles d'acier & de cuivre, doit être de 1 $\frac{1}{8}$ ligne.

783. Le diamètre de la lentille, doit être de quatre pouces; ſon épaiſſeur au centre 16 lignes.

784. L'angle du couteau doit deſcendre juſques au milieu de la traverſe *A*.

(a) Voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 2035.

Dimensions du Pendule composé à chassis à demi-secondes.

Planche IX, fig. 1.

785. Le chassis d'acier extérieur *a*, *b*, *c*, *d* a de longueur, depuis le dehors de la traverse *a*, *b*, au dehors de la traverse *c*, *d*, 8 pouces 3 lignes.

786. Le même chassis a en dedans 7 pouces 10 $\frac{1}{2}$ lignes.

787. Largeur de ce premier chassis d'acier 18 lignes; il est composé de 9 montants ou barres de 2 lignes chacune de largeur.

788. Le second chassis d'acier a de longueur en dehors 7 pouces 10 lignes.

789. L'épaisseur des chassis d'acier, & des barres de cuivre est de 1 $\frac{6}{12}$ lignes.

790. Largeur de la traverse *a*, *b*, 3 lignes; la traverse d'en-bas *c*, *d* a 2 $\frac{1}{2}$ lignes.

791. La distance du dessous de la fourchette de cuivre *N*, *N*, au centre de la lentille, est de 10 lignes.

792. La distance de l'angle du couteau au centre de la lentille, est de 9 pouces 3 lignes.

793. Le diamètre de la lentille est de 4 pouces; son épaisseur 16 lignes.

2°. Méthode de calcul pour déterminer les dimensions du Pendule, pour la compensation des effets du chaud & du froid.

794. Lorsque l'on exécute pour la première fois un Pendule composé, dont les vibrations diffèrent, d'un autre Pendule déja déterminé, il faut, avant de travailler à son exécution, faire le calcul de ses dimensions, d'après les régles que nous avons établies, *Essai sur l'Horlogerie*, n°s

1749, 1754 & n° 1765; & c'eſt ainſi que j'en ai uſé pour le Pendule à demi-ſecondes à chaſſis, repréſenté Planche IX, figure 1; mais j'ai augmenté à deſſein la longueur du chaſſis, plus que le calcul ne le donnoit, afin d'avoir la facilité d'arriver à une exacte compenſation, en diminuant au beſoin la longueur des verges intérieures : nous allons vérifier de nouveau par le calcul, les dimenſions du Pendule, afin de connoître ſi la compenſation du chaud & du froid doit être complette.

De la Meſure des diverſes parties du Pendule que l'on doit faire entrer dans le calcul.

795. La dilatation du chaſſis d'acier extérieur *a*, *b*, *c*, *d*, Planche IX, fig. 1, doit ſe compter depuis l'angle du couteau, juſques au dedans de la traverſe inférieure *c*, *d* de ce chaſſis ſur laquelle poſent les regles ou montans de cuivre *f*, *h* : cette diſtance eſt ici de 7 pouces 11 lig. $\frac{1}{2}$ = 95 $\frac{1}{2}$ lig.

796. La dilatation du ſecond chaſſis d'acier doit ſe compter depuis le deſſus de la traverſe inférieure *n*, *o* ſur laquelle poſent les regles *q*, *s* de cuivre, juſques au point de contact du bout ſupérieur de ce chaſſis d'acier, ſur les bouts *e*, *i* des verges de cuivre : cette diſtance eſt de 7 pouces 6 lig. = 90 lig.

797. La longueur de la troiſième verge d'acier, dont la dilatation doit être compriſe dans le calcul, doit être meſurée depuis le centre de la lentille, juſques au point de contact de cette verge ſur le bout ſupérieur des regles de cuivre *p*, *r*, ſur leſquelles elle poſe, & il faut ſuppoſer, pour avoir cette meſure, que le centre de la len-

tille

tille eſt diſtant de l'angle du couteau, de 9 pouces 4 lignes, qui eſt à peu près la vraie longueur du Pendule composé, lorſque l'Horloge eſt réglée; d'après cela, je trouve que la longueur; de la troiſième régle d'acier *t*, *x*, *y* eſt de 8 pouces 9 lignes =	105 lig.
La ſomme de ces trois quantités, ou des verges d'acier, eſt de	290 ½ lig.
798. Les régles de cuivre *e*, *f*; *g*, *i*, ont 7 pouces 8 lig. =	92 lig.
799. Les régles de cuivre *p*, *q*, *r*, *s*, ont 7 pouces trois lig. de longueur =	87 lig.
Somme des verges de cuivre	179 lig.

800. J'ai prouvé, *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 1749, que pour la compenſation, *les longueurs des verges d'acier, doivent être aux longueurs des verges de cuivre, comme la dilatation du cuivre eſt à la dilatation de l'acier :*

801. On a donc la proportion,

290 ½ lig. acier : 179 lig. cuivre : : 121 dilatation cuivre : 74 dilatation acier.

74	179
1160	1089
2030	847
37	121
21497	21659

802. En faiſant comme ci-deſſus, le produit des termes extrêmes, & des termes moyens de la proportion, on trouve que 121, dilatation du cuivre, multiplié par 179, longueur des verges de cuivre, donne un produit plus grand que celui de 74, dilatation de l'acier, multiplié par les longueurs 190 ½ lignes des verges d'acier : ce qui prouve que la compenſation ſera trop forte; il faut donc raccourcir les deux verges ou régles *p*, *q* & *r*, *s* de cuivre, & raccourcir éga-

lement la verge d'acier *t, y* vers *t*. Nous suppoſerons ici que l'on a raccourci les unes & les autres de deux lignes. On aura 288 $\frac{1}{2}$ lig. pour les longueurs des verges d'acier, & 177 lig. pour les verges de cuivre.

803. On aura donc la proportion

288 $\frac{1}{2}$: 177 : : 121 : 74.

Multipliant les termes, on a pour produit de l'acier 21349, & pour le produit du cuivre 21417.

804. Ce dernier eſt encore trop grand, & on trouvera qu'en diminuant encore d'une ligne les verges de cuivre, & d'autant celle d'acier, la compenſation ſera très-approchante.

805. On peut donc en allant ainſi de proche en proche, fixer exactement les dimenſions d'un Pendule compoſé, afin d'obtenir une exacte compenſation des effets du chaud & du froid : & ſans recourir à la formule du n° 1765 de l'*Eſſai ſur l'Horlogerie*, qui, quoique plus directe & plus courte, paroîtra plus difficile pour les perſonnes qui ne ſont pas exercés à ces ſortes de calculs.

3°. De la manière de faire les épreuves d'un Pendule compoſé à demi-ſecondes, pour connoître ſi la compenſation du chaud & du froid eſt exacte.

806. Les dimenſions & le calcul que je viens de donner, ſont faites d'après le Pendule même que j'ai fait exécuter pour être employé à l'Horloge aſtronomique, que j'ai décrit ci-devant, n° 731. On voit par ce calcul, que la compenſation des effets du chaud, doit être complette, en ſuppoſant cependant que les dilatations du cuivre & de l'acier, dont ce Pendule eſt formé, ſont les mêmes que celles des branches d'acier & de cuivre, qui ont ſervi aux épreuves rapportées *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 1765, qui ont donné le rapport de la dilatation de l'acier à celle du cuivre, comme 74 à 121.

807. Pour donc s'assurer que la compensation est exacte, il est nécessaire de placer ce nouveau Pendule sur un *Pyromètre* de la même manière que je l'ai pratiqué pour le Pendule composé à secondes. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2021, & la description du pyromètre, n° 1671 & suivant de l'*Essai* : Mais comme cet instrument est de nature à n'être pas entre les mains des artistes qui peuvent en avoir besoin (*a*) ; je vais proposer un moyen simple pour faire les épreuves du chaud & du froid, avec des Pendules composés à demi-secondes, ainsi que des Pendules plus courts.

808. La méthode que je me propose d'employer pour connoître si le Pendule produit exactement la correction du chaud & du froid, est la même que j'emploie pour mes *Horloges Marines;* c'est de placer l'Horloge astronomique, lorsqu'elle sera entièrement terminée dans une étuve : & en faisant passer l'Horloge par divers degrés de température; on jugera par sa marche, comparée au temps d'une bonne Pendule à secondes, qui reste dans la même température; qu'elles sont les différences qui ont lieu par le chaud & par le froid.

809. Pour faire ces épreuves, il faut que l'Horloge astronomique soit fixée solidement contre un mur, & fermée par une boîte ou étuve qui contienne seulement l'Horloge & son Pendule : on fera passer dans cette boîte d'épreuve, des tuyaux en ferblanc, dont les bouts inférieurs recevront la chaleur des deux lampes, placées en dehors de la boîte, afin que la fumée de ces lampes n'entre pas dans l'étuve.

810. Pour ne pas confondre les variations produites par la chaleur ou par le froid, sur le Pendule, avec les changemens produits sur les huiles & frottement du rouage, il faut avoir soin que les arcs que le Pendule décrit soient de même étendue par le chaud & par le froid, & il est facile

(*a*) Parce qu'un pyromètre doit être exécuté avec de très-grands soins, & que par-là il exige beaucoup de dépense, & cet instrument doit avoir d'autant plus de précision, qu'il sert à de plus courts Pendules : car dans le Pendule à demi-secondes, une différence de $\frac{1}{400}$ de ligne, produit une erreur d'une seconde en 24 heures; c'est-à-dire, 4 fois plus grande qu'elle n'est dans le Pendule qui bat les secondes. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1709, 1713.

de ramener ces arcs à la même étendue, soit en ajoutant ou en ôtant du poids moteur.

811. En faisant usage des moyens que je viens d'indiquer, on connoîtra sûrement ce qui manque au Pendule, pour produire la compensatiou exacte par les diverses températures, & on pourra si on le veut, le corriger, en changeant les longueurs des verges de cuivre, *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2013.

812. On peut se dispenser de changer les dimensions du Pendule; il suffit de dresser une table qui indique pour divers degrés de température, les différences qui ont lieu dans la marche de l'Horloge. C'est ici un moyen que j'emploie dans mes Horloges à Longitude. Voy. cidevant, Chapitre XX, Premiere Partie.

813. Enfin, pour que l'observateur qui fera usage d'une telle Horloge, puisse en obtenir une exactitude encore plus rigoureuse, on pourroit former une table qui indiquât quelle sera la marche de l'Horloge, lorsque les arcs viendront à diminuer. Voy. Chapitre XX, Première Partie, la formation de cette table que j'emploie avec les Horloges à Longitude.

814. On conçoit que les épreuves pour la température, doivent être faites en hiver; l'Horloge à éprouver, doit être placée dans une chambre séparée de celle où est placée la Pendule à secondes, à laquelle elle est comparée, afin qu'en ouvrant les fenêtres pour avoir plus de froid, la Pendule à secondes ne puisse être affectée des différences de la température, différences qui ne doivent porter que sur la nouvelle Horloge.

815. J'ai donné dans le *Traité des Horloges Marines*, les méthodes que l'on doit employer pour régler les Horloges astronomiques. Voyez n° 1329 & suivant. On peut voir dans le même ouvrage la description de l'étuve qui sert aux épreuves des *Horloges à Longitudes*, Voy. n° 1415 & suivant, la manière d'éprouver ces machines, par diverses températures : les mêmes moyens peuvent être em-

ployés dans les Horloges aftronomiques à court Pendule; & c'eft encore ici un avantage de la conftruction que j'ai donnée dans les Chapitres IX & X.

CHAPITRE XI.

De la conftruction d'une petite Horloge aftronomique, pour fervir à la mefure de la pefanteur, par les diverfes latitudes.

816. Il feroit fort utile pour déterminer exactement l'effet de la pefanteur (*a*) fous diverfes latitudes; & d'avoir une Horloge à Pendule affez fûre pour fixer les quantités dont la pefanteur varie du pole à l'équateur: & il feroit également utile pour les obfervateurs, d'avoir une Horloge aftronomique plus commode & plus portative que ne le font nos grandes Horloges : c'eft dans cette vue que je vais propofer ici la conftruction d'une Horloge qui puiffe réunir ces avantages, en obtenant cependant de cette machine, toute la précifion dont un obfervateur qui voyage peut avoir befoin.

817. Pour remplir les vues que je viens de propofer; il faut employer un court Pendule, qui faffe trois vibrations par feconde, ou 10800 vibrations par heure. La longueur de ce Pendule, depuis le centre de fufpenfion, jufqu'à celui de la lentille, eft de quatre pouces $\frac{11}{12}$ de ligne : & pour obtenir de ce régulateur, toute la jufteffe requife, il eft néceffaire qu'il foit compofé de forte qu'il n'éprouve pas de variations dans fa longueur, par les diverfes températures.

818. La Planche XI, fig. 1, fait voir la conftruction

(*a*) *Voy. Effai fur l'Horlogerie*: la note du n° 2092, les effets que l'on obferve fur la pefanteur, par plufieurs latitudes.

de ce Pendule; il eſt ici repréſenté avec les dimenſions convenables pour la correction du chaud & du froid: *a*, *b*, *c*, *d*, eſt un chaſſis d'acier formé par une ſeule pièce; la traverſe *a*, *b* doit porter dans le milieu de ſa largeur, une fourchette *H*, dans laquelle eſt ajuſté le conteau *A* de ſuſpenſion du Pendule : la ſuſpenſion n'eſt pas ici repréſentée; elle eſt pareille à celle du Pendule à demi-ſecondes de la Planche IX, décrit Chapitre VIII.

Sur la traverſe inférieure *c*, *d* du chaſſis d'acier, poſent deux verges de cuivre *f*, *e*; *h*, *g* : ſur les bouts ſupérieurs *e*, *g* de ces verges, poſe la traverſe d'acier *i*, *l*, fixée ſur une verge d'acier, *B*, *C* qui forme le milieu du Pendule; le bout *C* de cette verge paſſe librement dans un trou à mortoiſe de la traverſe *c*, *d* du chaſſis.

819. La lentille *D*, *D*, eſt formée de deux parties, afin de pratiquer facilement le paſſage du Pendule; cette lentille eſt fixée par ſon centre, au moyen de la vis *G*, qui traverſe les deux parties de la lentille, & l'attache à la verge *B*, *C*, à la diſtance convenable du centre *H* de ſuſpenſion, pour que le Pendule batte les tiers de ſeconde : la mortoiſe faite dans l'épaiſſeur de la lentille *D*, *D*, doit être faite, de ſorte qu'elle ne touche pas au chaſſis d'acier, mais ſeulement à la verge du milieu, ſur laquelle elle eſt fixée, afin que les divers effets de la température, s'opérent ſans obſtacle.

820. La pièce *F* attachée au bas de la verge *B*, *C* du milieu, eſt un coulant qui peut monter & deſcendre dans la fente *l*, *m* de cette verge : ce coulant eſt fixé à volonté, à la verge, par la vis *F*: ce mouvement ſert à régler l'Horloge au plus près, au moyen de l'index qui répond à la graduation faite ſur la verge *h* de cuivre.

821. *I*, *K*, *L*, *M*, eſt une plaque de cuivre, ſur laquelle la ſuſpenſion du Pendule doit être attachée : cette plaque ſert, en même-temps, à porter le mouvement de l'Horloge, au moyen de quatre piliers.

822. Sur le bas de la plaque *L*, *M*, eſt fixé le limbe *E*, gradué en degrés du cercle, pour connoître l'étendue

des arcs décrits par le Pendule, au moyen de l'index *p*, fait au bout de la verge du milieu *B*, *C*.

823. La figure première indique auſſi la diſpoſition que j'ai donnée à ce Pendule, pour y appliquer le compenſateur iſochrone que j'adopte à mes Horloges à Longitude. Voy. Première Partie, Chapitre I : *y*, *y* eſt l'excentrique placé ſur le couteau *A* de ſuſpenſion; *z* le rouleau compenſateur; *P* ſa chappe; 7, 8 le reſſort; *Q* le pont à mâchoire, ſur lequel la partie 8 du reſſort eſt fixée; le pont *Q* eſt attaché en *K* ſur la plaque de cuivre *I*, *K*, *L*, *M*.

824. Les figures 2 & 3 repréſentent le plan du mouvement de l'Horloge; il eſt compoſé de deux platines *A*, *A*; *B*, *B*, figure 2, 3; *A*, *A*, figure 2, eſt le dehors de la platine-cadran, dont le dedans porte les quatre piliers, 1, 2, 3, 4.

825. La première roue *B*, fait un tour en 12 heures, elle porte le cadran des heures : les heures paroiſſent à travers l'ouverture faite en *a*, à la platine-cadran *A*, *A*; la roue des heures, *B*, porte la poulie *C* ſur laquelle paſſe la corde du poids : cette roue *B* engrene dans le pignon *b* de minute; ſon pivot prolongé porte l'aiguille des minutes; ſur ce pignon, eſt fixé la roue *D* de minute; elle engrene dans le pignon *c*, qui porte la roue moyenne *E*; celle-ci engrene dans le pignon *d* de ſecondes; le pivot prolongé de ce pignon, porte l'aiguille de ſecondes; ſur ce pignon eſt rivée la roue *F* de ſecondes: *G* eſt une portion du cadran de minute, & *H* une portion du cadran de ſecondes : ces deux cadrans ſont attachés ſur le dehors de la platine *A*, *A*, chacun par une vis & un pied.

826. *B*, *B*, figure 3, repréſente le dehors de la ſeconde platine : 1, 2, 3, 4, ſont les bouts des piliers portés par la platine *A*, *A*, figure 2. La cage formée par ces deux platines *A*, *A*, figure 2, & *B*, *B*, figure 3, contient les roues *B* des heures, *D* de minutes, la roue moyenne *E*, & la roue de ſecondes : cette roue eſt repréſentée, fig. 3, par le cercle ponctué *F*, elle engrene dans le pignon *e*, qui porte la roue d'échappement

I, fig. 3; le pignon *e* de cette roue, paſſe en dedans de la cage, pour aller engrener dans la roue de ſecondes *F*; le pivot de ce côté doit rouler dans le trou d'un pont porté par le dedans de la platine *B*. L'autre pivot de la roue d'échappement, *I* eſt porté par le pont *K*, *e*.

827. Pour obtenir de cette Horloge, toute la juſteſſe dont elle peut être ſuſceptible, j'y fais l'application de l'échappement à vibrations libres : la diſpoſition eſt indiquée par la fig. 3, qui en repréſente le plan.

828. *a* eſt le centre de mouvement du cercle d'échappement *a*, *L*: l'angle du couteau *H* du Pendule, fig. 1, doit être placé exactement à la même hauteur que le centre *a* du cercle d'échappement *a*, *L*, fig. 3; *M a* eſt le pont qui reçoit un des pivots de l'axe du cercle *a*, *L*; l'autre pivot roule dans un trou de la platine-cadran.

829. Le cercle d'échappement *a*, *L*, fig. 3, porte vers *L* une tige qui répond à la fente qui doit être faite à la verge d'acier *B*, du Pendule, fig. 1; *q* eſt cette fente.

Cette broche ou fourchette portée en *L*, fig. 3, doit ſe mouvoir par une vis de rappel.

830. *b*, *c*, *d* eſt la détente d'échappement miſe en cage ſur le dehors de la platine *B*, *B*, fig. 3, au moyen du pont *N*; *c* eſt le centre de mouvement de cette détente; *b*, le bras ou talon qui ſuſpend l'action de la roue d'échappement *I*; *d* le bras droit ſur lequel agit la cheville du *reſſort-levée d*, *f*; ce reſſort eſt attaché en *P* par une vis & deux pieds ſur le cercle d'échappement, *L*, *P*, *Q*, *a*; le poids *g* porté par le bras *c*, *g* fixé ſur l'axe de la détente, ſert à ramener cette détente, après qu'elle a été élevée par le *reſſort-levée d*, *f*, du cercle d'échappement; la cheville *l* portée par le cercle, borne la courſe du *reſſort-levée*, & la cheville *h* fixée à la platine *B*, *B*, fixe la courſe de la détente *b*, *c*, *d*. Nous renvoyons pour une plus ample explication de cet échappement, au Chapitre IV, Première Partie.

Nombres

Nombres du rouage.

831. La roue des heures *B*, fig. 2, a 180 dents & 24 lig. de diamètre.

Le pignon *b* de minutes a 15 dents & 2 lig. de diamètre.

La roue *D* de minutes a 128 dents & 16 lig. de diamètre, le pignon *c* de la roue moyenne, 16 dents & 2 lig. de diamètre.

La roue moyenne *E*, 120 dents & 15 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre : le pignon *d* de secondes, 16 dents & 2 lig. de diamètre.

La roue de seconde *F*, a 108 dents & 13 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, le pignon *e* d'échappement, fig. 3, a 12 dents.

La roue d'échappement *I*, fig. 3, a 10 dents & 10 lig. de diamètre, la levée de l'échappement est de 10 degrés.

832. Nous devons observer ici que comme le Pendule bat les tiers de seconde, ou qu'il fait 3 vibrations par seconde; & que par la nature de l'échappement à vibrations libres, pendant que l'aiguille des secondes fait un battement, le Pendule fait 2 vibrations; il s'ensuit que chaque battement de l'aiguille des secondes, répond à $\frac{2}{3}$ de seconde; & par conséquent, 3 battemens de l'aiguille, répondent à 2 secondes de temps. Il faut donc diviser le cadran de secondes en 30 parties, dont chaque division répondra à 2 secondes; mais entre ces divisions, l'aiguille fera 2 battemens. Le premier battement qui suivra la division, répondra à $\frac{2}{3}$ de seconde, & le second battement de l'aiguille vaudra $\frac{4}{3} = 1\ \frac{1}{3}$. Ceci bien entendu, l'observateur qui fera usage de cette Horloge, n'éprouvera aucun embarras pour compter le temps de l'Horloge, & il aura une subdivision du temps qui sera utile pour l'observation exacte.

Calcul servant à trouver la dimension du Pendule composé à chassis de cinq montants, qui fait trois vibrations par seconde, pour obtenir une compensation exacte des effets du chaud & du froid.

Planche XI, *fig.* 1.

833. Le chassis d'acier *a, b, c, d*, depuis l'angle du couteau, jusques au dessus de la traverse *c, d*, sur laquelle posent les tringles de cuivre, *f, h*, a de longueur 6 pouces 4 lig. =	76 lig.
La regle d'acier *B*, qui porte la lentille, depuis le centre *G*, jusques au-dessus des bouts *e, g* des regles de cuivre, a de longueur	46 lig.
Somme des regles d'acier,	122 lig.
Les regles de cuivre ont 6 pouces 1 lig. =	73 lig.

On a donc la proportion, *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1749.

Voy. ci-devant n° 820

122 lig. acier : 73 lig. cuivre : : 121 dilatation acier : 174 dilatation cuivre.

74	73
488	363
854	847
9028	8833

D'où l'on voit que la compensation n'est pas assez grande, puisque le produit des variations du cuivre, est plus petit que celui de celles de l'acier.

Supposons le chassis d'acier de 2 lig. plus long, & les regles de cuivre aussi de 2 lig. plus longues.

On aura:

124 acier : 75 cuivre : : 121 : 74.

74	75
496	605
868	847
9176	9075

Cette quantité n'est pas encore suffisante : on trouvera enfin qu'en donnant 126 lig. de distance, depuis l'angle du couteau, au-dessus de la traverse *c*, *d*, & 77 lig. aux regles de cuivre, les produits seront très-approchant les mêmes, & par conséquent la compensation sera complette ; ces produits sont 9324 pour l'acier, & 9317, pour le cuivre.

Description d'un moyen simple de compenser les effets du chaud & du froid, dans une Horloge à Pendule.

834. La fig. 4, Planche XI, représente la construction que l'on peut employer dans un court Pendule, pour produire la correction des effets du chaud & du froid, en se servant d'une simple verge, pour former le Pendule ; *A*, *B* est la verge du Pendule ; le bout *A* est attaché par 2 chevilles, à une pièce *D*, faite en fourchette, laquelle est portée par la traverse *a*, *b* de la suspension à ressort, *a*, *b*, *c*, *d* : le bout inférieur *B* de la verge, est taraudé pour recevoir l'écrou, sur lequel appuie la lentille *C*, *C* : les bouts supérieurs *e*, *f* des ressorts de suspension *e*, *g*, *f*, *h* sont attachés à la traverse *c*, *d*. Ces ressorts passent bien juste dans une fente *E*, du pont *E*, *F*. Ce pont est attaché sur la plaque de cuivre *G*, *H*, laquelle doit porter le méchanisme de compensation, & de plus, le mouvement de l'Horloge, lequel n'est pas ici représenté ; mais ce peut être le même, vu fig. 2 & 3.

835. La traverse *c*, *d*, des ressorts de suspension, porte

au milieu de sa longueur la cheville *i*, laquelle appuyé par les deux bouts, sur le bout *I* du levier d'acier *I*, *K*, *L*, mobile en *k*. Le bout *I* de ce levier, est fait en fourchette, pour embrasser la traverse *c*, *d* de suspension. La partie du centre *K*, entre dans la fente du talon *M*, formée sur le pont *E*, *F* : la cheville *k* traverse le talon fendu *M*, & le levier, ce qui forme le centre de mouvement de ce levier. Le bout *L* du levier, passe dans la fente de la verge ou tringle d'acier *N*, *O*, le bout *N* de la tringle, porte une cheville, sur laquelle appuie le bras *L* du levier *I*, *K*, *L*; le bout inférieur *O* de la tringle *N*, *O*, est fixé par une cheville 1, sur la traverse *P*, *P* du chassis de compensation, & le bout supérieur passe librement dans un trou fait à la traverse *Q*, *Q* du même chassis de compensation: les tringles de cuivre *R*, *S*; *R*, *S* sont fixés par les chevilles 2, 3, par en-bas à la traverse *P*, *P*, & par leurs bouts supérieurs à la traverse *Q*, *Q*, par les chevilles 4 & 5.

836. Cette disposition bien entendue, on voit que lorsque la chaleur dilate la verge *A*, *B* du Pendule, & tend à faire retarder l'Horloge, la même chaleur dilate aussi les tringles *N*, *O*; *R*, *S*; *R*, *S* du chassis de compensation; mais comme le cuivre se dilate plus que l'acier, dans le rapport de 121 à 74 (*a*). La traverse *P*, *P* s'éloigne de celle de *Q*, *Q*, ensorte que le point *L* du levier *I*, *K*, *L* descend, tandis que celui *I* remonte, ce qui raccourcit le Pendule; & ici par les dimensions données, le point *i* remonte exactement de la quantité dont la chaleur a dilaté la Pendule: mais dans le cas où la compensation ne seroit pas jugée exacte d'après des épreuves sûres, on peut trouver la compensation, en approchant ou en écartant le chassis du centre de mouvement *k* du levier de compensation; c'est à cet usage que sont destinées les fentes 6 & 7, pratiquées à la traverse *Q*, *Q* du chassis; cette traverse est attachée par les vis 6, 7, sur la barre *E*, *T* du pont de suspension *E*, *T*, *F*.

(*a*) *Essai sur l'Horlogerie*, n°1696.

CHAPITRE XII.

Dimensions de différents rouages de Pendules à secondes; à équation, à sonnerie d'heures, & quarts à chaque quarts, &c. les nombres des dents des roues & des pignons, & une notion de la disposition des principales parties de ces machines.

837. J'AUROIS desiré de pouvoir ajouter à la fin de cet Ouvrage, les plans de diverses Pendules à secondes à équation, &c. telles que j'en ai exécuté plusieurs pour divers Amateurs, persuadé que cela eut été intéressant pour beaucour d'Artistes, qui n'ont pas connoissance de ces sortes de machines. J'ai été forcé de renoncer à ce dessein, à cause du grand nombre de Planches qu'il eût été nécessaire de faire graver; mais je puis suppléer en partie à cet objet, en donnant ici les dimensions de plusieurs rouages, & les nombres des dents des roues & des pignons; cela évitera à quelques ouvriers, la peine de chercher ces nombres, lorsqu'ils voudront entreprendre de telles Pendules.

ARTICLE I.

Dimensions du rouage d'une Pendule à secondes & à équation, allant un mois sans être remontée, le mouvement à poids; la sonnerie à ressort, les heures, les minutes & les secondes concentriques au cadran; avec les nombres des dents des roues & des pignons.

838. Les platines qui forment la cage de cette Pendule sont quarrées, elles ont 6 pouces 4 lig. de largeur,

leur hauteur eſt de 6 pouces ; la diſpoſition des roues qui ſont contenues dans cette cage eſt à peu-près le même, que celle de la Pendule à ſecondes, repréſentée Planche II, fig. 2, de l'*Eſſai ſur l'Horlogerie.* Et la diſpoſition des roues de cadrature ou d'équation, eſt la même vue Planche XI, fig. 1 du même ouvrage; j'employerai ici les mêmes lettres de ces figures, pour déſigner les roues de la Pendule, dont je vais donner les dimenſions.

1°. *Rouage du mouvement, vu Planche II, fig. 2 de l'Eſſai ſur l'Horlogerie.*

La fig. 2, fait voir le dedans de la platine des piliers.

839. La roue de cylindre *A*, *a*, 31 lig. de diamètre, & 1 lig. $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur, & 90 dents; elle engrene dans le pignon *a* de grande roue moyenne qui a 14 dents.

840. La grande roue moyenne *B* a 22 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, o lig. $\frac{10}{12}$ d'épaiſſeur, & 90 dents; elle engrene dans le pignon *b* de 10 dents.

841. La roue *C*, fait un tour par heure, elle a 20 lig. de diamètre, demi-ligne d'épaiſſeur, & 80 dents; elle engrene dans le pignon *c* de la roue moyenne; ce pignon a 10 dents, & paſſe en dehors de la platine des piliers pour conduire la roue de minute.

842. La roue moyenne *D*, a 18 lignes $\frac{1}{3}$ de diamètre, o lig. $\frac{5}{12}$ d'épaiſſeur, & 75 dents; elle engrene dans le pignon *d* de ſeconde, lequel a 10 dents.

843. La roue d'échappement, ou de ſeconde *E*, a 16 $\frac{3}{4}$ lig. de diamètre, o lig. $\frac{4}{12}$ d'épaiſſeur, & 30 dents; elle fait un tour par minute. Cette roue eſt placée au milieu de la largeur de la platine, & elle eſt élevée de 3 pouces 2 lig. du bas de la platine.

844. Dans la ligne verticale *n* du milieu de la platine, eſt placé le centre de l'ancre d'échappement : le centre de

l'ancre peut être distant de celui de la roue d'échappement d'un diamètre & demi de cette roue, ou ce qui revient au même de 3 fois le rayon, qui est ici de 8 lig. $\frac{3}{4}$. La distance des centres de la roue & de l'ancre est donc de 25 lig. $\frac{1}{8}$.

845. La distance que nous donnerons ici, est donnée d'après la régle ordinaire, pour faire décrire de petits arcs d'un degré, au Pendule. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 598. Mais comme je préfere que le Pendule décrive des arcs de 2 degrés, je place en conséquence le centre de l'ancre de 21 lig. au-dessus de celui de la roue de secondes.

2°. *Roues de cadrature, ou minuteries & d'équation, Planche II, fig. 1, de l'Essai sur l'Horlogerie.*

846. La roue de minute *M*, fig. 1, a 18 lignes de diamètre, elle est conduite par le pignon de la roue moyenne prolongé en dehors de la platine des piliers, & dont le pivot roule dans le pont *P* : cette roue porte à frottement la roue *m*, rivée sur un canon qui roule sur un pont fixé à la platine : & au-dedans duquel passe la tige de seconde ; la roue de *conduite m*, a 9 lig. $\frac{7}{12}$ de diamètre & 36 dents. Son canon porte l'aiguille du *temps moyen.*

847. La roue de conduite *m*, Planche XI, fig. 1, engrene dans la roue d'équation *n*, laquelle a 19 lig. $\frac{2}{12}$ de diamètre, & 72 dents ; cette roue est rivée sur un canon qui roule librement sur l'axe du pignon *t*.

848. La roue de conduite ou d'équation *n*, engrene dans la roue *o* ; cette roue *o* a 9 lig. $\frac{7}{12}$ de diamètre, & 36 dents ; elle est rivée sur un canon qui porte fixement la roue *p*, l'une & l'autre roulent sur une broche portée par le bras *I* mobile, concentriquement au pignon *t*.

849. La roue *p* a 14 lig. $\frac{5}{12}$ de diamètre, & 60 dents. Cette roue engrene dans la roue *g* de même diamètre, & même nombre de dents que celle *p*.

850. La roue *q* eſt rivée ſur l'axe du pignon *t*. Ce pignon a 8 dents, & engrene dans la roue de cadran, laquelle a 26 lig. $\frac{2}{12}$ de diamètre, & 96 dents. Le canon prolongé de cette roue porte l'aiguille des heures.

851. La roue *q* engrene dans la roue *v*, *v*, qui fait un tour par heure; cette roue a comme celle *p*, & celle *q*, 14 lig. $\frac{5}{12}$ de diamètre, & 60 dents. Elle eſt rivée ſur un canon qui roule librement ſur le canon de la roue de minutes *m*, *m*.

852. Le canon prolongé de la roue *v*, *v*, porte l'aiguille du *temps vrai V*.

853. La roue ou pignon de rateau *H*, a 7 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, & 47 dents, & le rateau *L*, *R*, qui le méne a 27 lig. $\frac{8}{12}$ de rayon, & fendu ſur le nombre 360.

Je puis me diſpenſer d'expliquer ici les effets de l'équation; on les trouve détaillés, *Eſſai ſur l'Horlogerie*, nº 218 & ſuivant : la manière d'exécuter la courbe d'équation, eſt décrite nº 330 & ſuiv. du même Ouvrage.

3°. *Rouage de la ſonnerie, Planche II, fig. 2 de l'Eſſai ſur l'Horlogerie.*

854. La roue de barillet *T*, a 35 lig. de diamètre, 2 lig. d'épaiſſeur, & 84 dents; elle engrene dans le pignon, déſigné 13; ſur l'axe duquel eſt rivée la roue *V*; & le pivot prolongé de cet axe, eſt terminé en quarré, pour porter la roue de compte *Q*, *Q*. Ce pignon a 14 dents.

855. La roue *V* a 24 lig. de diamètre, 1 lig. d'épaiſſeur, 90 dents; elle engrene dans le pignon déſigné par le chiffre 14, ſur le plan; ce pignon a 8 dents.

856. La roue de cheville *X*, a 18 lig. de diamètre; elle a 0 lig. $\frac{9}{12}$ d'épaiſſeur, & 84 dents. Elle porte 16 chevilles, pour faire frapper au marteau les heures & les demies : cette

cette roue engrene dans le pignon désigné par le chiffre 15, de la roue d'*arrêt* *Y*; ce pignon a 8 dents.

857. La roue d'arrêt *Y*, a 15 lig. de diamètre; son épaisseur est de 0 lig. $\frac{6}{12}$, elle a 72 dents : cette roue porte deux chevilles pour arrêter la sonnerie, lorsque les heures sont frappées, au moyen de la détente; elle engrene dans le pignon de la roue de volan *Z* : ce pignon a 6 dents.

858. La roue de volan *Z*, a 14 lig. de diamètre, son épaisseur est de $\frac{1}{2}$ ligne; elle a 66 dents, & engrene dans le pignon 6 de volan.

859. Pendant que la roue de compte *Q*, *Q*, fait un tour, la roue de cheville *X* en fait 11 $\frac{2}{8}$, puisque le nombre 8 des dents du pignon de cette roue est contenu 11 fois $\frac{2}{8}$, dans le nombre 90 des dents de la roue *V*, qui porte la roue de compte; or, la roue *X*, porte 16 chevilles, qui, multipliés par 11 $\frac{1}{4}$ = 11 $\frac{2}{8}$, donnent 180 coups, que doit frapper le marteau pendant la révolution de la roue de compte; d'où il suit que celle-ci fait un tour en 24 heures, nombres des heures & des demies sonnées. Il faut donc que la roue de compte soit taillée sur le nombre 180 de l'outil à fendre : ainsi, elle contiendra 2 fois les entailles des roues de compte ordinaires, c'est-à-dire, deux fois 12 heures, deux fois 1 heure & les demies, &c.

860. Dans la Pendule à équation, dont je viens de donner une notion : la roue annuelle est concentrique au cadran; elle est portée par un canon attaché en dehors de la fausse plaque, & aux travers duquel passent les canons des aiguilles du temps moyen, du temps vrai, celui des heures, & la tige de secondes : ainsi, la roue annuelle est placée entre la fausse plaque, & le dessous du cadran qui est d'émail.

861. La roue annuelle a 6 pouces 9 lig. de diamètre, & environ $\frac{3}{4}$ de lig. d'épaisseur; elle a 365 dents qui sont fendues à rochet; au-dessous de la roue annuelle est fixée l'ellipse ou courbe d'équation, sur laquelle agit une cheville portée par un bras fixé au canon du rateau.

862. Sur les dents de la roue annuelle *AA*, (Planche XI, fig. 1 de l'*Essai sur l'Horlogerie*, agit un fort ressort à sautoir *S*, qui fixe la roue, laquelle ne doit avancer que d'une dent en 24 heures.

863. Pour faire mouvoir ou tourner la roue annuelle, j'emploie un moyen fort simple ; c'est celui d'une palette *P*, laquelle est portée par l'axe d'un pignon de 14 dents ; ce pignon engrene dans la roue de barillet de sonnerie, & comme ce pignon est de même grandeur, & de même diamètre que celui de la roue de compte, il s'ensuit qu'il fait un tour en 24 heures, pendant laquelle révolution la palette *P* fait avancer la roue annuelle d'une dent.

864. Le cadran de cette Pendule a 8 pouces de diamètre, il est d'émail, & porte une ouverture à travers de laquelle paroissent les quantièmes du mois, & les mois de l'année, lesquels sont peint sur un cercle d'émail porté par la roue annuelle.

865. Le barillet de sonnerie fait un tour en 6 jours; ainsi six jours du ressort feront marcher la sonnerie pendant 36 jours ; le ressort doit faire 8 tours $\frac{1}{2}$, afin de n'être pas trop fort & sujet à casser.

866. La roue de cylindre du mouvement fait un tour en 57 heures $\frac{6}{7}$; ainsi le cylindre ayant 14 tours de corde, la Pendule marchera pendant 33 jours 18 heures, sans être remontée : nous allons chercher le diamètre que doit avoir le cylindre.

867. Supposons que la hauteur de la boîte qui contient le mouvement de la Pendule, soit telle que depuis le dessous de la cage & du support auquel ce mouvement est attaché, il y ait 5 pieds de hauteur au-dessus du bas de la boîte ; supposons de plus, que la longueur du poids & de la poulie qui le porte, soit de 12 pouces ; il restera 4 pieds = 48 pouces pour la descente du poids ; c'est d'après cette descente que l'on doit régler le diamètre du cylindre, sur lequel la corde du poids agit.

868. Le poids étant mouflé, ainsi que cela doit être,

on a pour la longueur de la corde, deux fois la descente du poids, ce qui donne 8 pieds de corde = 96 pouces; laquelle longueur étant divisée par 14 tours de la roue de cylindre, pour que la Pendule marche 33 jours $\frac{3}{4}$, sans être remontée, on a 6 pouces = 82 lig. $\frac{2}{7}$; on fera donc la proportion (*a*), 355 : 113 : : 82 lig. : x = 26 lig. $\frac{68}{355}$. On trouve que le diamètre du cylindre doit être de 26 lig. $\frac{1}{2}$; mais on doit le tenir de 25 lig. $\frac{3}{4}$, seulement à cause de la grosseur de la corde qui augmente son diamètre, en supposant même le cylindre cannelé, pour loger la corde.

869. Pour faire marcher la Pendule, pendant qu'on la remonte, il faut placer entre la première roue , & le cylindre, le rochet, & le ressort auxiliaire, tels que je les emploie dans mes Horloges à Longitude. Voyez-en la disposition, *Traité des Horloges Marines*, Planche XV , fig. 6, 7, 8, & la description n° 681, 811 & suivans du même Ouvrage.

4°. Disposition du Pendule, ou régulateur, & élévation ou profil de l'Horloge à équation.

870. Le régulateur que j'ai employé dans mes Horloges à équation, est un Pendule composé à chassis, tel qu'il est représenté Planche XXVIII, fig. 1, de l'*Essai sur l'Horlogerie*, & décrit n° 2030 du même Ouvrage. Il est de même suspendu par un couteau, & soutenu par un fort support de cuivre ou espèce de cage qui s'attache au fond de la boîte par 4 fortes vis; la même cage ou support porte deux bras de cuivre, sur lesquels on fixe le mouvement par deux vis, & de manière que l'on peut démonter le mouvement, sans déranger le Pendule. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2030 & 2037 & suivans, toute la disposition du Pendule, &c. des Horloges astronomiques.

871. Le centre de l'ancre d'échappement doit être parfaitement placé à la même hauteur, & dans la direction

même de l'angle du couteau : ainsi la grandeur de la cage ou support du mouvement, & de la suspension du Pendule, doit être réglé sur l'élévation du centre de l'ancre, au-dessus du bord inférieur de la cage du rouage, afin que le centre de mouvement du Pendule, soit exactement la même que celui de l'ancre d'échappement.

872. Les bras de la cage de cuivre, qui porte le mouvement, ont 6 pouces $\frac{1}{2}$ de haut.

873. Le centre du mouvement de la suspension est élevé de 20 lig. au-dessus du fond de la boîte.

874. Le pont de l'ancre d'échappement a 14 lig. de haut.

875. Les piliers de la cage du rouage de l'Horloge, ont 18 lig. $\frac{1}{2}$ de hauteur.

876. Les piliers de la fausse plaque, ont 12 lig. de hauteur.

877. Le pont de secondes doit avoir un canon d'acier, dont la base s'attache au dehors de la platine des piliers; c'est sur ce canon que roule le canon de la roue de minutes; le canon du pont de secondes, doit avoir 17 lig. de hauteur, c'est à travers ce canon, que passe la tige de secondes, pour porter l'aiguille; la grosseur de ce canon, est de 1 ligne $\frac{4}{12}$.

878. Le pivot de la roue de secondes, ne doit pas rouler dans le trou de la platine; cela rendroit ce pivot trop long, & par conséquent trop gros; il vaut mieux le faire rouler dans le trou d'un bouchon ajusté à force sur le bout du canon d'acier du pont de secondes.

879. Le canon de la roue de minutes du temps moyen, doit avoir 2 lig. de diamètre, & celui du temps vrai, doit avoir 2 lig. $\frac{9}{12}$.

880. Les canons des roues de minutes & de cadran, doivent être élevés de 22 lig. au-dessus de la platine des piliers qui les porte : avec cette longueur des canons, on sera assûré de trouver celle qui est requise pour ajuster les aiguilles; la courbure que le cadran doit avoir pour loger

l'ellipse, la roue annuelle, & le cercle d'émail des mois, augmente beaucoup les longueurs des canons des minutes.

881. La plaque d'acier portée par le pignon du rateau d'équation, doit être élevée de 2 lig. $\frac{1}{4}$ au-dessus de la platine; & la roue de minutes, que mene le pignon de la roue moyenne, doit avoir la même élévation. Cette hauteur est nécessaire pour former un ajustement précis au pignon de rateau. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, nos 221, 225, 226, l'ajustement de ce pignon du rateau, auquel est représenté Planche XI, fig. 1, 2, 4, & 7 du même Ouvrage.

ARTICLE II.

Dimensions & nombres des dents, des roues & des pignons du rouage d'une petite Pendule de cheminée à secondes & à équation, à ressort & à fusée, sans sonnerie : Pendule composé à demi-seconde, les heures, les minutes & les secondes, sont concentriques au cadran.

882. Les platines qui contiennent le rouage de cette petite Horloge sont rondes, elles ont 4 pouces 6 lig. de diamètre. La hauteur des piliers est de 16 lig.

883. La roue de fusée à 26 lig. $\frac{1}{4}$ de diamètre, & 128 dents; elle fait un tour en 3 jours, ainsi, la fusée ayant 11 tours de chaîne, la Pendule marchera 33 jours sans être remontée.

884. Entre la fusée & la roue de fusée, est placé le ressort auxiliaire, & le rochet d'encliquetage, qui sert à faire marcher l'Horloge, pendant qu'on la remonte ; ce rochet auxiliaire a 120 dents, qui au lieu d'être à rochet, sont arrondis à l'ordinaire, parce que je l'ai fait servir ici à un double usage. C'est de conduire la roue annuelle; pour cet effet, le rochet auxiliaire engrene dans une petite roue de 40 dents, laquelle fait un tour en 24 heures; l'axe de

cette roue porte une palette qui, à chaque révolution de la roue de 40 dents, fait avancer une dent de la roue annuelle, de 365 dents fendues à rochet, & maintenue par un ressort à sautoir, de la même manière que je l'ai expliqué pour la grande Pendule à équation de l'article précédent.

885. La roue annuelle a 3 pouces 9 lig. de diamètre; elle est portée par un canon attaché au-dehors de la fausse plaque, sous le cadran qui est d'émail. Sur la roue annuelle sont gravés les mois de l'année, & leurs quantièmes, qui paroissent à travers une ouverture pratiquée à cet effet au haut du cadran.

886. Le barillet a 26 lig. de diamètre, & 14 lig. $\frac{1}{2}$ de haut, il doit passer à côté de la fusée, il n'y a que la roue moyenne qui passe au-dessus du barillet: sans cela, il auroit toute la hauteur de la cage.

887. La roue de fusée engrene dans le pignon de la deuxième roue, ou grande roue moyenne; ce pignon a 16 dents.

888. La grande roue moyenne a 21 lig. $\frac{9}{12}$ de diamètre, & 180 dents; elle engrene dans le pignon de la troisième roue, laquelle fait un tour par heure; ce pignon a 20 dents.

889. La troisième roue a 19 lig. $\frac{1}{3}$ de diamètre, & 160 dents; elle engrene dans le pignon de la quatrième roue, ou roue moyenne; ce pignon est prolongé pour conduire les roues de minutes placé en-dehors de la platine des piliers; le pignon de la roue moyenne a 20 dents.

890. La roue moyenne a 18 lig. $\frac{3}{24}$ de diamètre, & 150 dents; elle engrene dans le pignon de la roue de secondes ou d'échappement.

891. La roue d'échappement a 17 lig. de diamètre, elle a 60 dents; cette roue est placée en dehors de la seconde platine, ainsi que l'ancre d'échappement.

892. L'échappement de cette petite Horloge, est à repos, comme celui des grandes Horloges astronomiques. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, nº 395, tout ce qui concerne l'exécution de cet échappement.

893. Au lieu de l'échappement à ancre à repos, on peut employer dans une pareille Horloge l'échappement à vibrations libres, décrit ci-devant n° 739; lequel est représenté Planche IX, fig. 5.

894. Le Pendule appliqué à cette petite Horloge, est celui composé en tringle, pour la correction des effets du chaud & du froid, la suspension est à couteau fixé solidement au fond de la boîte.

De la cadrature ou rouage formant les minuteries à l'équation.

895. La construction de l'équation, étant ici la même que celle de l'article précédent, je me bornerai à donner les dimensions des roues, & le nombre des dents.

896. La roue des minutes a 18 lig. $\frac{3}{24}$, & 160 dents. Elle est conduite par le pignon prolongé de la roue moyenne.

897. La roue de conduite, portée par la roue de minutes, a 7 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, & 45 dents; elle engrene dans la roue d'équation de 15 lig. diamètre, & 90 dents. Celle ci engrene dans une troisième de 7 lig. $\frac{1}{2}$ diamètre, & 45 dents; cette roue roule sur le bras d'acier du pignon de rateau, elle porte la quatrième roue de cadrature, laquelle a 11 lig. $\frac{1}{3}$ de diamètre, & 66 dents; elle engrene dans la cinquième roue, qui a même diamètre, & même nombre 66; laquelle est fixée sur le pignon qui conduit la roue de cadran; ce pignon a 10 dents, & la roue de cadran 120.

898. Enfin, la cinquième roue engrene dans la roue du temps vrai, qui a aussi 7 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, & 66 dents.

899. Le pignon de rateau a 4 lig. $\frac{1}{4}$ de diamètre, & 24 dents; le rateau d'équation, qui le conduit a 33 lig. de diamètre = 16 lig. $\frac{10}{12}$ de rayon, il est fendu sur le nombre 180.

900. La hauteur des piliers de la fausse plaque, est de 6 lig. $\frac{1}{2}$.

REMARQUE.

901. Les pignons de la petite Horloge, dont nous venons de donner les dimensions, sont faits à l'outil, ainsi que les dents des roues; mais ces pignons sont trop nombrés pour pouvoir les exécuter à la main, selon la méthode ordinaire. Voici donc les nombres qu'il faut substituer pour le rouage, en conservant les grandeurs données.

Roue de fusée	112	engrene	pignon	14.
Grande moyenne	108	engrene	pignon	12.
Troisième roue	96	engrene	pignon	12.
Roue moyenne	90	engrene	pignon	12.

Roue de minute de la cadrature, même nombre que la troisième roue, c'est-à-dire 96.

Les roues de cadrature, les mêmes données ci-dessus.

ARTICLE III.

Petite Pendule de cheminée à demi-seconde & à sonnerie, allant un mois sans être remontée, les heures, les minutes & les secondes concentriques au cadran.

902. Les platines de rouage de cette Pendule, sont rondes, elles ont 4 pouces ½ de diamètre; la hauteur des piliers est de 16 lig.

903. Le barillet du mouvement, & celui de sonnerie, sont placés dans une ligne horisontale qui passe par le centre de la cage, c'est-à-dire, dans la direction même de XI heures, & de III heures du cadran; & ils sont placés de sorte que les roues de barillet affleurent les platines, sans les déborder: le barillet de sonnerie, placé du côté de X heures du cadran, & celui du mouvement du côté de III heures. Le rouage de la sonnerie occupe le haut de la cage, au-dessus des barillets, & celui du mouvement, occupe le bas de la cage, au-dessous des barillets.

Dimensions

Dimensions du Rouage de mouvement.

904. La première roue, ou de barillet, du mouvement a 25 lig. $\frac{1}{3}$ de diametre, & 96 dents; elle engrene dans le pignon de la grande roue moyenne : ce pignon a 12 dents.

905. La seconde roue ou grande moyenne, a 21 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, & 96 dents; elle engrene dans le pignon de la troisième roue, laquelle fait un tour par heure : ce pignon a 8 dents.

906. La troisième roue a 16 lig. $\frac{5}{12}$ de diametre & 64 dents; elle engrene dans le pignon de la roue moyenne : ce pignon a 8 dents.

907. La quatrième roue ou roue moyenne a 15 lig. $\frac{\text{[illegible]}}{12}$ de diametre, & 60 dents; elle engrene dans le pignon de la cinquième roue, lequel a 8 dents.

908. La cinquième roue qui est celle de secondes & d'échappement, est placée au centre de la cage; cette roue passe sous les barillets, du côté du dedans de la platine des piliers : la roue d'échappement a 14 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre; elle porte 60 dents fendues à rochet.

909. L'échappement est à ancre & à repos; la tige de l'ancre est placée tout auprès de la roue, afin de faire décrire des arcs au moins de 10 degrés au Pendule; chaque patte de l'ancre est distante du centre d'environ 3 lig., ou ce qui revient au même, l'ancre doit embrasser 7 dents $\frac{1}{2}$ de la roue.

Le Pendule régulateur de cette Horloge, est celui composé à tringles décrit, ci-devant (n° 776); la suspension est à couteau, fixée au fond de la boîte.

Roue de cadrature, ou de minutes, & de cadran.

910. Les roues de minutes sont placées en dehors de la platine des piliers, sous la fausse-plaque; la roue de minutes conduite par le pignon prolongé de la roue moyenne a 15 lig. $\frac{1}{3}$ de diametre & 64 dents; la roue de *conduite* qu'elle porte a 9 lig. de diametre & 32 dents; cette roue engrene dans la roue de *renvoi* de même diametre & même nombre de dents; cette dernière est rivée sur le pignon 6 qui engrene dans la roue de cadran, laquelle a 16 lignes de diametre, & 72 dents.

Rouage de la Sonnerie.

911. La première roue ou roue de barillet a 25 lig. $\frac{1}{3}$ de diametre & 70 dents, elle engrene dans le pignon de la seconde roue; ce pignon a 14 dents; son pivot prolongé terminé en quarré, porte la roue de compte, laquelle a 20 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre; elle est fendue sur le nombre 180; afin de porter chaque heure, & chaque demie deux fois; elle fait donc un tour en 24 heures.

912. La seconde roue de sonnerie est rivée sur le pignon de la roue de compte; cette roue a 17 lig. $\frac{1}{4}$ de diametre, elle a 90 dents, & engrene dans le pignon de la troisième roue, qui est celle de cheville: ce pignon a 8 dents.

913. La roue de cheville a 13 lig. $\frac{10}{12}$ de diametre & 64 dents : elle porte 16 chevilles, & engrene dans le pignon de la quatrième roue; ce pignon a 8 dents.

914. La quatrième roue ou roue d'arrêt a 12 lig. de diametre & 72 dents, elle engrene dans le pignon de la roue de volan; ce pignon a 6 dents.

915. La cinquième roue, ou de volan a 10 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre & 66 dents, elle engrene dans le pignon 6 de volan.

916. Le barillet de ſonnerie fait un tour en 5 jours, ainſi, 6 tours $\frac{1}{5}$ de reſſort, feront marcher la ſonnerie pendant 31 jours: le reſſort devra faire 7 tours $\frac{1}{4}$, afin qu'il reſte aſſez de bande au bas.

917. Le barillet du mouvement fait un tour en 4 jours; il faut donc 7 tours $\frac{3}{4}$ de reſſort, pour faire marcher l'Horloge pendant 31 jours; ce reſſort devra faire 9 tours.

REMARQUE.

918. On peut adapter, comme je l'ai fait, au mouvement de l'Horloge que nous venons de décrire, deux ſortes de conſtructions d'équation; la première que j'employai étoit à cadran mobile, telle qu'elle eſt décrite *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 238. La ſeconde eſt l'équation à deux aiguilles, décrite n° 218 du même ouvrage. Dans cette dernière conſtruction, les roues de cadrature d'équation ont les mêmes dimenſions que celles que j'ai données ci-devant, ART. II, (n° 895). Dans l'une & l'autre conſtruction, la roue annuelle a 365 dents fendue à rochet, & rendue concentrique au cadran.

ARTICLE IV.

Dimenſions, &c. du mouvement d'une Pendule à ſecondes à reſſort & à fuſée, ſonnant les heures & les quarts, à chaque quart, allant un mois ſans remonter.

919. Cette Pendule eſt compoſée de 3 rouages particuliers, placés dans la même cage : 1° le rouage du *mouvement*, qui ſert à la conduite des aiguilles, & à la meſure du temps : 2° le rouage de la ſonnerie des heures : 3° le rouage de la ſonnerie des quarts.

920. Les platines sont rondes, elles ont 8 pouces de diametre; les piliers ont 18 lig. $\frac{1}{2}$ de hauteur.

Rouage du mouvement.

921. La roue de fusée est placée en bas de la cage, sur la ligne de VI & de XII heures du cadran; le barillet est placé à côté : cette roue a 31 lig. de diametre & 98 dents. Elle porte un rochet & un ressort auxiliaire pour faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte.

922. La roue de fusée engrene dans le pignon de la grande roue moyenne; ce pignon a 14 dents; la seconde roue ou grande moyenne a 23 lig. de diametre & 96 dents, elle engrene dans le pignon de la troisième roue, laquelle fait un tour par heure : ce pignon a 8 dents.

923. La troisième roue a 18 lig. $\frac{2}{3}$ de diametre & 64 dents; elle engrene dans le pignon de la roue moyenne : ce pignon est prolongé, & passe en dehors de la platine des piliers, pour conduire la roue de minutes; ce pignon a 8 dents.

924. La quatrième roue ou roue moyenne a 17 lig. de diametre & 60 dents, elle engrene dans le pignon de secondes, sur l'axe duquel est fixée la roue de secondes ou d'échappement : cette dernière roue est placée au centre de la cage, elle a 16 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre & 60 dents.

925. L'échappement est à repos : le Pendule fait deux vibrations par seconde, &c.

Effets des sonneries d'heures & de quarts.

926. Cette Pendule sonne les heures & les quarts à

chaque quart; & à l'heure elle ne sonne pas de quarts, mais seulement l'heure; deux rouages produisent la sonnerie des heures & des quarts; le premier rouage est celui de la sonnerie des heures, laquelle ne sonne que les heures & le second rouage sonne les quarts qui sont à doubles coups, comme dans une répétition : ces doubles coups sont frappés par deux marteaux de la sonnerie des quarts : les heures sont frappées par un seul marteau du rouage de la sonnerie des heures. Il faut donc que pendant 12 heures que la roue de compte reste à faire un tour, ce marteau frappe 4 fois 78 coups, c'est-à-dire, 312 coups : la roue de compte porte 36 chevilles qui servent à élever une détente, pour dégager la sonnerie des quarts, aussitôt que l'heure est sonnée; à ce moment les quarts sont répétés : la sonnerie des quarts frappe 6 doubles coups par heure, ce qui n'exige que 6 chevilles par heure, parce que les mêmes chevilles font frapper les doubles coups par deux marteaux : les détentes de la sonnerie sont disposées à la manière ordinaire; la roue de minute porte 4 chevilles, afin de faire sonner l'heure 4 fois par heure.

Sonnerie des heures.

927. La roue de barillet de sonnerie des heures a 3 pouces de diametre & 96 dents; elle engrene dans le pignon qui porte la roue de compte; ce pignon a 12 dents : sur ce pignon est rivée la seconde roue.

928. La seconde roue dont l'axe porte la roue de compte a 33 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre & 104 dents; elle engrene dans le pignon de la roue de cheville, qui a 8 dents.

929. La troisième roue ou de cheville a 22 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre & 96 dents : elle porte 24 chevilles, d'où l'on voit que le marteau doit frapper 312 coups pendant une révolution de la roue de compte, car 8, nombres de dents du pignon de cheville, est

contenu 13 fois dans le nombre 104 des dents de la seconde roue, qui porte la roue de compte. Or, 13 multipliés par 24 donnent 312.

La roue de cheville engrene dans le pignon de la roue d'arrêt, lequel a 8 dents.

930. La quatrième roue ou d'arrêt a 14 lig. ½ de diametre & 72 dents : elle porte deux chevilles pour l'arrêt de la détente ; cette roue fait un tour pendant que le marteau frappe deux coups.

931. La roue d'arrêt engrene dans le pignon de la roue de volan ; ce pignon a 6 dents : la roue de volan a 12 lig. de diametre & 60 dents, elle engrene dans le pignon de volan, lequel a 6 dents.

Sonnerie des quarts.

932. La roue de barillet de la sonnerie des quarts a 3 pouces de diametre & 84 dents ; elle engrene dans le pignon de la seconde roue, lequel a 14 dents.

933. La seconde roue a 21 lig. ½ de diametre & 72 dents, elle engrene dans le pignon de la roue de cheville ; ce pignon a 8 dents ; son axe prolongé, porte la roue de compte des quarts.

934. La troisième roue ou de cheville a 17 lig. ¾ de diametre & 72 dents, elle porte 12 chevilles, ainsi elle fait un tour en 2 heures, puisque, comme on l'a vu, il ne se frappe que 6 coups de marteaux des quarts par heure : cette roue engrene dans le pignon de la roue d'arrêt qui a 6 dents.

935. La roue d'arrêt a 14 lig. de diametre & 60 dents ; elle engrene dans le pignon de la roue de volan qui a 6 dents.

936. La roue de volan a 12 lig. de diametre & 54 dents, elle engrene dans le pignon de volan de 6 dents.

937. La roue de barillet de la ſonnerie des quarts, fait un tour en 108 heures = 4 jours $\frac{1}{2}$; ainſi 6 tours $\frac{8}{9}$ de reſſort, feront marcher la ſonnerie pendant 31 jours; ce reſſort doit donc faire 8 tours au moins.

938. La roue de barillet de la ſonnerie des heures, fait un tour en 4 jours; 7 tours $\frac{3}{4}$ de reſſort, feront marcher la ſonnerie pendant 31 jours: ce reſſort doit faire 8 tours.

939. La roue de fuſée fait un tour en 84 heures = 3 jours $\frac{1}{2}$, ainſi 8 tours $\frac{6}{7}$ de la fuſée, feront marcher l'Horloge pendant 31 jours: cette fuſée doit faire 10 tours.

Fin de la ſeconde Partie.

ADDITIONS A LA PREMIERE PARTIE

OU SUPPLÉMENT AU TRAITÉ DES HORLOGES MARINES.

ARTICLE PREMIER.

Dans les petites Horloges à Longitudes, à vibrations promptes & balancier léger, il est préférable de faire rouler la pointe de l'axe de balancier sur un diamant, plutôt que d'employer un ressort, pour suspendre le balancier.

940. AVANT de terminer cet ouvrage, je crois devoir rendre compte d'un changement utile, que je viens de faire à ma petite Horloge à Longitude, n° 1, à ressort, décrite Chapitre IX, n° 226 & suiv. C'est celui de supprimer le ressort de suspension du balancier, pour substituer un diamant, sur lequel roule la pointe de l'axe de balancier, ainsi que je l'ai fait dans ma première Montre Marine, ou n° 3 (*a*), & dans la petite Horloge, n° 36 (*b*) : ce qui a donné lieu à ce changement, est l'accident arrivé au ressort de suspension du balancier de la petite Horloge, n° 1, dans la campagne qu'elle a faite, sous la conduite de *M. le Comte de Chasteney-Puisegur* *. Ce ressort de suspension fut cassé par une forte agitation du vaisseau ; c'est pour prévenir un tel accident, que je viens de supprimer le ressort de suspension de cette machine, & que j'ai adapté un diamant parfaitement plan & poli, sur lequel roule la pointe de l'axe

(*a*) Voy. *Traité des Horloges Marines*, n° 560.
(*b*) *Voy.* ci-devant, n° 293 & 296.
* *Voy.* n° 247.

de

de balancier, correction qui m'a très-bien réussi, car le balancier décrit les mêmes arcs que ceux qu'il parcouroit lorsqu'il étoit suspendu par un ressort; & d'ailleurs, par diverses expériences que j'ai faites depuis quelque tems, avec ma première Montre Marine ou n° 3, j'ai reconnu qu'en faisant marcher cette machine horisontalement, la pointe de l'axe, du balancier roulant sur un rubis, les arcs n'ont éprouvé aucun changement par le frottement de la pointe de l'axe, quoique le balancier pese 105 grains, tandis que celui de la petite Horloge, n° 1, ne pese que 75 grains $\frac{1}{2}$, (n° 274). C'est d'après ces expériences que je vais travailler à faire la même correction aux petites Horloges, n° XXVII : XXVIII, &c. machines dont le balancier fait 6 vibrations par seconde, & ne pese que 60 grains, (voy. ci-devant, n° 280, 292).

941. Par la correction dont je viens de rendre compte, les petites *Horloges à Longitudes*, n° 1, n° XXVII, &c. seront infiniment plus propres à servir en tems de guerre, & elles rempliront mieux les usages auxquelles je les avois destinées, qui étoit de servir également à terre, & dans le vaisseau (*a*), (voy. ci-devant, n° 247).

942. De tout ce qui précede, il s'ensuit que l'on ne doit faire usage d'un ressort pour suspendre le balancier, que dans les Horloges qui ont un grand balancier pesant, à vibrations à demi-seconde, comme le sont les Horloges, n° 8 à poids, &c. n° XXIV & XXV, à ressort, &c.

(*a*) Pour rendre le frottement de la pointe de l'axe plus constant, il est important que cette pointe soit de la plus forte trempe, & le diamant parfaitement poli.

ARTICLE II.

Pour faciliter les épreuves de l'isochronisme du spiral, il faut que le bras de la boîte de compensation porté par l'axe du pince-spiral, puisse tourner séparément du bras qui porte la boîte du pince-spiral.

943. L'AXE de la pièce que j'ai appellée *pince-spiral*, & dont l'office opère la correction des effets du chaud & du froid, porte deux bras opposés; le premier bras porte une boîte, dont le bout est fendu pour le passage du spiral; l'autre bras porte la boîte sur laquelle agit la lame composée, où le lévier conduit par le chassis, (n° 177): dans la plûpart de mes Horloges, l'axe & les deux bras du pince-spiral, sont formés d'une seule pièce; mais j'ai reconnu par l'usage que cette disposition, quoique plus simple, n'est pas aussi commode, lorsque l'on travaille aux épreuves, servant à trouver le point par lequel un spiral est isochrone: parce que, pour allonger ou raccourcir le spiral, on est obligé de le faire par le piton, ce qui devient pénible. D'ailleurs, lorsqu'il n'y a que des petites quantités à changer pour la longueur du spiral, on ne peut pas le faire si sûrement; c'est par cette raison, qu'il est préférable de faire tourner à frottement le bras qui porte la boîte de compensation, & d'ajuster ce bras avec une vis de pression, qui agisse sur l'axe du pince-spiral. C'est de cette manière que j'ai disposé celui de la petite Horloge, n° *36*; & comme en décrivant cette machine, j'ai oublié de parler de cette disposition, ce que je viens de dire, doit y suppléer.

ARTICLE III.

Construction à employer pour éviter de démonter le piton de spiral, lorsqu'on nétoie une Horloge.

944. J'AI fait observer, n° 547, qu'en démontant le piton de spiral, pour nétoyer l'Horloge, il arrivoit souvent, qu'en remontant l'Horloge, les oscillations ne sont plus isochrones, effet qui est particulièrement causé par le dérangement du piton : or, pour éviter cet effet très-nuisible, il est nécessaire en construisant une Horloge, de ne pas fixer le piton immédiatement sur la platine; mais de fixer un pont sur la platine attaché par une vis & deux pieds : c'est sur ce pont que le piton doit être fixé : telle est la disposition que j'ai employé dans les Horloges, n° 1 à ressort, n° XXVII & n° 36. Voy. Planche III, fig. 3, dont *E*, *F*, *V*, représente ce pont. Lors donc que l'on démonte l'Horloge, pour la nétoyer, on laisse le piton attaché au pont, & on démonte le pont *E*, *V*, lequel porte avec lui le piton & le spiral. Et comme ce pont est rendu fixe par des pieds bien ajustés, on est assuré que le spiral ne peut éprouver aucun dérangement, & qu'il conserve son même état de liberté.

ARTICLE IV.

Dans les petites Horloges ou Montres à Longitudes, à vibrations promptes, dont le balancier est léger, & tourne entre des rouleaux, il est préférable de rendre ces machines verticales.

945. 1°. En adoptant la position verticale, on évite le travail assez considérable du ressort de suspension du balancier, & la machine est exposée à moins d'accidens.

946. 2°. Parce que le poids du balancier étant soutenu par les rouleaux, le frottement qu'il éprouve sera plus sûrement & plus constamment le même, que lorsqu'il est soutenu par sa pointe, qui, à la longue, peut s'émousser ou s'user.

947. 3°. Parce que la suspension de l'Horloge sera beaucoup plus simple & moins coûteuse, que ne l'est la suspension de l'Horloge, qui est horisontale.

948. 4°. Dans la position verticale de l'Horloge, les portées des pivots, tant des rouleaux que du rouage, n'éprouvent que fort peu de frottement, & dès-lors, les coquerets employés à ces pivots, lorsque l'Horloge est horisontale, deviennent inutiles, ce qui est une diminution de travail.

949. 5°. Dans la position verticale, l'axe de balancier porte constamment sur les rouleaux inférieurs, & par conséquent l'engrenement de l'échappement est toujours le même, & ses effets plus assurés.

950. 6°. Une petite Horloge ou Montre verticale (*a*), peut au besoin être portée par l'observateur, dans la poche de sa veste, sans difficulté, lorsqu'il veut la transporter d'un lieu à l'autre.

ARTICLE V.

Les Montres à Longitudes portatives, décrites Chapitres XII & XIII, Première Partie, doivent être maintenues autant qu'il est possible, dans la même position verticale.

951. DANS la description que j'ai donnée de ma première Montre à Longitudes portative, j'ai oublié de dire que

(*a*) C'est d'après les motifs que je viens d'énoncer que je commençai en Janvier 1781, une grosse Montre à Longitudes, portative & verticale, comme l'est ma première Montre Marine ; cette machine est en mer, & j'espere qu'elle remplira les vues que je me suis proposées. Les figures 4 & 5, Planche III, représentent la disposition de cette Montre ; mais les platines & le rouage, sont de la grandeur des figures 2 & 3, même Planche.

les pointes de l'axe de balancier sont retenues chacunes par un rubis, afin que cette machine puisse également marcher, étant placée horisontalemant ou verticalement; & en effet, les frottemens sont assez parfaitement égalisés, pour que le balancier décrive la même étendue d'arcs dans ces deux différentes positions, (n° 635); mais malgré cet état de perfection de la Montre, il est très-préférable de maintenir verticalement, autant qu'il est possible, cette machine; c'est la position naturelle d'une Montre portative. On évitera par-là les variations qui peuvent avoir lieu, si le balancier n'est pas parfaitement mis de pesanteur par les diverses positions de la Montre.

952. Ce que je viens de dire sur ma première Montre à Longitudes portative, doit également être appliqué à la seconde Montre décrite n° 369 & suiv. & à toutes les machines de cette espèce.

FIN.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES

Contenues dans le Supplément au Traité des Horloges Marines, & à l'Essai sur l'Horlogerie.

Les chiffres indiquent le numéro (ou la page) du texte auquel on doit recourir pour l'explication de l'article cherché.

A.

ARCS. Limites de l'étendue des arcs de vibrations du Balancier, n. 535. Les arcs décrits par le Balancier, diminuent par le froid, n. 416.

AXE de Balancier : lorsque sa pointe roule sur un diamant, elle doit être de la plus forte trempe, n. 311 & n. 941 note (*a*).

AXE. Jeu de l'axe de Balancier entre les Rouleaux, n. 527 & suiv. *Note à ajouter*. Plus le jeu de l'axe entre les Rouleaux est précis, & plus aussi les oscillations, par les grands arcs, tendent à devenir plus lentes que celles par les petits arcs.

B.

BALANCIER. Régulateur des Horloges à longitudes, & des Montres de poche, Limites de la force de mouvement, n. 416. Principes sur le Balancier, n. 417. Il ne doit pas être trop pesant pour n'être pas affecté des agitations du vaisseau & des effets de l'artillerie, n. 419. L'effet des agitations sur le Balancier dépend plus particuliérement de sa pesanteur & de son diamètre, que de la nature des vibrations lentes ou promptes, n. 421. De la pesanteur qu'il convient donner au Balancier, selon la nature de sa construction, n. 631 & suiv. Le Balancier d'une Montre de poche, doit décrire des arcs de même étendue, la Montre étant verticale ou horisontale, 630.

DIMENSIONS des Balanciers, régulateurs des petites Horloges à longitudes, n. 248, 274, 292, 311.

— Des Montres à longitudes portatives, n. 368.

— Des Montres de poche, n. 639 & suiv.

C.

CADRAN. *Voy.* Instrument à graduer les Cadrans.

COMPAS à Michromètre, pour la mesure des lames de ressorts spiraux, n. 519.

COMPENSATEUR isochrone : j'appelle de ce nom un Méchanisme particulier qui sert à rendre les oscillations du Balancier isochrones, lorsque le spiral n'a pas cette propriété, n. 2. Sa Description, n. 3. n. 381, 384. De la maniere de régler l'isochronisme par le compensateur, n. 5 & suiv. Notion d'un autre compensateur, n. 219.

COMPENSATION. Méchanisme de compensation du chaud & du froid. Quelle doit être la nature de ses effets, 423 & suiv. Comment assurer ses effets, 530. Description du Méchanisme de compensation que j'ai adapté aux Montres de poche, n. 650.

COMPENSATION du chaud & du froid,

par le Balancier lui-même, n. 661 & & ſuiv. Sa deſcription, *ibid.*

E.

Échappement à vibrations libres. Conſtruction la plus ſimple de cet échappement (à *détente-reſſort* & levée-reſſort). Sa deſcription, n. 69. Principes de l'échappement libre à détente miſe en cage & à levée-reſſort, n. 72 & ſuiv. Tracer ſur le calibre l'échappement libre à détente-reſſort & levée-reſſort, n. 82 & ſuiv. De l'exécution de l'échappement libre à détente & à levée-reſſort, n. 89 & ſuiv. Direction pour l'exécution de l'échappement libre, n. 99. Obſervations ſur cet échappement, appliqué aux Montres à longitudes, & aux Montres de poche, n. 120. La levée-reſſort de l'échappement libre, doit porter un talon d'acier qui tient lieu de la cheville qui élève la détente : ce talon trempé de toute ſa force, eſt formé d'une ſeule pièce avec la levée-reſſort, n. 123. J'ajoute ici que ce talon eſt préférable à une cheville, parce qu'il ne s'uſe pas, & que ſon exécution eſt auſſi facile. Le bout du bras de la détente doit être trempé de toute ſa force, n. 123. Enfin la partie du cercle d'échappement, ſur laquelle agit le roue pour rendre le mouvement au Balancier, doit être auſſi trempée de toute ſa force.

Échappemens à *Roue de rencontre* & à cylindres, employés dans les Montres; défauts de ces échappemens, n. 602.

F.

Fusée. Méthode de calcul pour trouver le diamètre de la fuſée, le reſſort étant donné; n. 138, 149.

H.

Horisontale. La poſition horiſontale eſt préférable à la verticale, dans les Horloges à longitudes, dont le Balancier eſt grand & peſant, fait des vibrations lentes, n. 233 & 942. *Traité des Horloges Marines*, n. 124.

Horloge aſtronomique à trois Cadrans, Rouage ſimple, ayant quatre Roues en tout, n. 706 & ſuiv. Sa deſcription, n. 710 & ſuiv. Nombres des roues & des pignons du Rouage, n. 717. Profil, 726.

Horloge aſtronomique, Pendule à demi-ſeconde, à échappement libre, 728. Sa deſcription, 730. Seconde conſtruction de la même Horloge, n. 739 & ſuiv.

Horloge aſtronomique, marchant quarante-deux jours ſans être remontée; Pendule compoſée à chaſſis à demi-ſecondes, échappement libre, n. 743 & ſuiv. Sa deſcription, n. 752 & ſuiv.

Horloge aſtronomique à court Pendule, pour la meſure de la peſanteur, n. 816.

Horloge à longitude. La juſteſſe de ces Machines dépend particuliérement de trois choſes : 1° que le Balancier décrive conſtamment des arcs de même étendue : 2° que les oſcillations d'inégales étendues du Balancier ſoient iſochrones : 3° que le moyen de compenſation du chaud & du froid ſoit immuable, n. 422.

Horloge à longitude, à reſſort horiſontale, conſtruite à deſſein de ſuppléer les grandes Horloges à poids, n. 151. Principes de conſtruction de cette machine, réduite à un petit volume. Un Régulateur puiſſant, n. 152. Les Roues à égale diſtance de leurs pivots, n. 153. Des coquerets d'acier ſous les pivots, n. 155. L'échappement à vibrations libres, n. 157. Des rubis placés aux points de contact de compenſation, n. 158. Détente pour le tranſport de l'Horloge qui ſuſpend l'action de la compenſation, & arrête ſûrement le Balancier, n 159. Compenſateur iſochrone, n. 160. L'Horloge diſpoſée pour faire uſage de la table, compoſée des arcs & de la température, n. 161. Coquerets d'acier, ſous les pivots de compenſation, n. 162. Deſcription de cette Horloge, N. XXIV. Elle eſt horiſontale. Le Balancier fait deux vibrations par ſeconde, ſuſpendu par un reſſort, échappement libre, com-

pensation à chassis, n. 165 & suiv. Dimensions de cette Horloge, n. 180 & suiv. Dimensions d'un Rouage plus petit, convenable à cette Horloge, pag. 56.

Horloge à longitude, N. xxv, réduite d'après la précédente, n. 184 & suiv. Ses dimensions, n. 191 & suiv.

Horloge à longitude, N. iv, à ressort, Balancier, 4. Vibrations par seconde, suspendu par un ressort, compensation à chassis, n. 218. Description de cette Horloge, 220 & suiv.

Horloge à longitude, (petite) construite à dessein de servir à la mer & à terre, de soutenir les commotions de l'artillerie, &c. n. 226, 229, 247. Proposition sur l'isochronisme, n. 227. Principes de construction des petites Horloges à longitude, 229 & suiv. Le Balancier doit être petit, leger, & faire des vibrations promptes, n. 231. Les frottements réduits à la plus petite expression, n. 232. Le Balancier doit être horisontal, & suspendu par un ressort. (Il seroit peut-être préférable de faire rouler la pointe du Balancier sur un diamant, pag. 69, note *a*.) Les pivots du Balancier doivent tourner entre six rouleaux, n. 234. Employer l'échappement à vibrations libres, n. 235. Le spiral doit être trempé plié, n. 236. Il doit être isochrone, n. 237. Au défaut d'un spiral isochrone, on peut adapter le compensateur, n. 238. Employer un méchanisme pour la correction des effets du chaud & du froid, n. 239. Les points de contact de ce méchanisme doivent se faire sur des rubis, n. 240. Le ressort moteur doit être disposé pour ne pouvoir casser ni perdre de sa force, 241. Les pivots du Rouage d'un petit diamètre, & les roues legères, &c. n. 242. Placer des coquerets d'acier sous tous les pivots, pour diminuer le frottement, n. 244. Employer une suspension pour maintenir l'Horloge dans la position horisontale, n. 245. L'Horloge placée, marchante dans une voiture, doit être horisontale, n. 246. Construction de cette Horloge, n. 247. Le Balancier fait six vibrations par seconde; son diamètre est de vingt-quatre lignes : il décrit deux cent quarante degrés. Il est suspendu par un ressort, & ses pivots tournent entre six rouleaux, n. 248. L'échappement à vibrations libres, n. 249. La compensation par un chassis, n. 250. Le moteur, un ressort égalisé par une fusée, n. 251. L'Horloge à une suspension, n. 252. Les heures, les minutes & les secondes, sont concentriques, n. 253. On peut démonter séparément les diverses parties de l'Horloge, n. 254. Le barillet contient deux ressorts, placés sur le même arbre, n. 260. Description de cette Horloge, n. 259 & suiv. Ses dimensions, n. 274.

Horloge à longitude, N. xxvii. Rectifiée d'après celle N. I. n. 275. Employer une seul ressort, n. 276. simplifier le rouage, n. 277. Réduire les cages, n. 278. Employer la lame composée pour la correction des effets du chaud & du froid, n. 279. Description de cette Horloge, n. 280 & suiv. Ses dimensions, n. 292.

Horloge, N. 35, pour les Vaisseaux Marchands, n. 377. Sa description, 379 & suiv. Ses dimensions, n. 387.

Horloge à longitude, N. 36. Petite Horloge portative, construite à dessein de marcher verticalement, horisontalement ou inclinée, placer quatre masses au Balancier, n. 295. Disposition à donner au Balancier, pour n'employer que trois rouleaux, n. 294. Description de cette petite Horloge, n. 298 & suiv. Ses dimensions, n. 311. La position verticale est la plus convenable à cette Horloge, n. 245. Il faut employer une suspension pareille à celle représentée, Planche V, Fig. 1.

Horloge à longitude. Petite Horloge, N. 37. Réduite d'après, N. 36. n. 319. Ses dimensions, n. 321 & suiv.

Horloge à longitude, à poids, réduite au plus petit volume, n. 406. Obstacles des grandes Horloges à poids, n. 407. Limites de la force de mouvement du régulateur, n. 416. Construction de

cette Horloge, n. 428 & suiv. Elévation, n. 436. Calcul pour trouver le diamètre du cylindre, n. 438. Dimensions du Rouage, n. 439. La pointe de l'axe de Balancier roule sur un diamant, n. 444. Le même plan peut servir à une Horloge à ressort, n. *ibid.* Description de la petite Horloge à poids, n. 445 & suiv.

Horloge à longitude verticale à poids, n. 485. Le Rouage composé de quatre roues en tout. Le Balancier, une vibration par seconde. L'échappement libre, n. 486. Un des pivots de Balancier, tournant sur deux rouleaux, & l'autre dans un trou, n. 487. La compensation par une lame composée, n. 490. Dimensions & nombre du Rouage, n. 491. Description de cette Horloge, n. 498 & suiv.

I.

ISOCHRONISME. *Voy.* Spiral.

INSTRUMENT à graduer les Cadrans, n. 510 & suiv.

Instrument pour l'épreuve de l'isochronisme des petites Horloges & des Montres, & pour régler les Montres de poche dans leurs diverses positions verticales, horisontales ou inclinées, n. 517.

Instrument pour calibrer les lames des ressorts spiraux, n. 522.

M.

MÉCHANISME de compensation. *Voyez* Compensation.

MONTRE à longitude portative, (ma premiere) page 101. Sa disposition, n. 345. Le Balancier se meut entre six rouleaux, n. 345. Il fait six vibrations par secondes : le spiral isochrone, n. 348. L'échappement à vibrations libres à détente-ressort & levée-ressort, n. 350. Des masses au Balancier, n. 351. Les heures, les minutes & les secondes ont chacune leurs cadrans, n. 352. La compensation par un chassis, n. 353. Description de cette Montre, n. 354 & suiv. Ses dimensions, n. 368. Les bouts de l'axe du Balancier, maintenus par des rubis, n. 951. La position naturelle de cette Montre est la verticale, n. *ibid.*

Montre à longitude portative simplifiée d'après la premiere, n. 369. Sa disposition la même que celle de la petite Horloge, n. 36. Compensation à lame composée, &c. n. 370. Le Balancier fait six vibrations par seconde, tourne entre trois rouleaux n. 371. Sa description, n. 373 & suiv. Ses dimensions, n. 376. Sa position doit être verticale, n. 952.

Montre Marine, la plus simple : les pivots de Balancier tournant dans des trous, n. 388. Elle doit être horisontale ; le pivot inférieur du Balancier roulant sur un diamant, le Balancier fera quatre vibrations par seconde, n. 396. Il faut employer une suspension à la Montre, n. *ibid.* Description de cette Montre, n. 397 & suiv.

Montres. Je distingue en trois espèces les Montres portatives, n. 605. La première, les Montres ordinaires, dont la compensation est produite par les huiles, n. 606. La seconde, les Montres astronomiques, dans lesquelles j'ai appliqué un méchanisme pour la compensation du chaud & de froid, n. 607. La troisieme, les Montres à longitudes, *ibid.*

Montres de poche. Causes de leurs variations : 1° les frottements des pivots & les résistances variables des huiles, n. 592 ; 2° les changements de température, n. 593 & suiv. 3° les différences dans leurs positions, n. 596. 4°. Les agitations du porté, n. 597. 5°. La chaleur du gousset, qui desséche les huiles, &c. n. 598. 6° La mauvaise qualité des huiles, n. 599. 7° Les défaut du ressort moteur, n. 600. 8° Les mauvais engrenages, n. 601. 9° Les vices des échappements employés dans les Montres, n. 602. 10° Les oscillations d'inégales étendues du Balancier, qui ne sont pas isochrones, n. 603. Principes de construction des Montres portatives. Leur justesse doit être fondée :

1° sur la réduction des frottements, n. 613. 2°. Sur la nature des oscillations du Balancier, qui doivent être isochrones, n. 614. 3° Sur la compensation des effets du chaud & du froid par un méchanisme de compensation, n. 615. 4° Sur la nature de l'échappement; celui à vibrations libres, n. 616. 5° En employant un ressort moteur bien fait, qui ne soit pas dans un état forcé, 617. 6° Que la Montre ne cesse pas de marcher pendant qu'on la remonte, n. 618. 7. Sur la perfection du Rouage formé par des petites roues & des pignons nombrés.

Montres. Des épreuves qu'il faut faire subir aux Montres astronomiques, n. 621. 1° Déterminer le poids du Balancier avec ses pivots, n. 623. 2° Régler l'isochronisme des vibrations par le spiral, n. 624. 3° Régler la pesanteur du Balancier, n. 625. 4° Régler la quantité de force motrice, n. 626. 5°. Réglet la Montre *plate* & *pendue*, n. 627. 6°. Examen du méchanisme de compensation, n. 628. 7° Régler la compensation du chaud & du froid, n. 629.

Observations sur la construction des Montres de poches. Art. I. Du poids du Balancier, selon la nature des trous dans lesquels ses pivots tournent, n. 630 & suiv. Art. II. Régler une Montre dans ses diverses positions par quatre masses, placées au Balancier, n. 642. Art. III. Du rapport de la force motrice avec le Balancier, selon la nature de l'échappement, n. 643. Art. IV. Divers moyens à employer dans les Montres pour la compensation du chaud & du froid, n. 644.

Montre astronomique à compensation, exécutée en 1764. Principes qui ont servi à sa construction, n. 668 & suiv. Dimensions de cette Montre, n. 680.

Montre. Seconde Montre astronomique à compensation, exécutée en 1766, n. 681 & suiv.

Montre. Troisieme Montre astronomique à trois Cadrans, le Balancier quatre vibrations par seconde, l'échappement libre, spiral isochrone, compensation à lame composée, n. 695. & suiv. Sa description, n. 699 & suiv. Nombre des roues & des pignons, n. 705.

O.

Outil à Noyures; il sert aussi à percer & à aggrandir bien droits les trous de pivots, &c. n. 525.

P.

PENDULE *composé* à baguettes ou tringles, n. 718. Ses dimensions, n. 727.

Pendule composé à demi-secondes, à chassis, n. 730 & suiv. Ses dimensions, n. 785. Méthode de calcul pour trouver les dimensions des Pendules composés, n. 794 & suiv. De la maniere d'éprouver les courts Pendules composés, n. 806.

Pendule composé à demi-secondes à tringles, n. 776. Ses dimensions, n. 779.

R.

RÉGULATEUR des Horloges à longitudes & des Montres. *Voyez* Balancier.

RESSORT MOTEUR des Horloges à longitudes, n. 130. Les petits ressorts s'exécutent avec plus de perfection, n. 131. Qualités requises dans un Ressort, n. 132 & suiv. Epreuves servant à trouver la quantité de force motrice pour les arcs donnés que doit décrire le Balancier, n. 138. Epreuve pour connoître si le Ressort a la force convenable, & sans se servir de la fusée, 141, 143 & suiv. Méthode pour déterminer à coup sûr le diamètre & la figure de la fusée, n. 149. Moyen pour affoiblir un Ressort moteur un peu trop fort, n. 150.

S.

SPIRAL cylindrique, n. 26.

SPIRAL *Ressort réglant*, doit être trempé plié, pour conserver sa figure, n. 24. La lame qui forme le Spiral doit être faite en fouet le plus fort au centre, n. 25. Dimensions des lames de ressorts spiraux, isochrones, n. 28. De-

tails des procédés servant à l'exécution des ressorts spiraux, n. 33 & suiv. De la maniere de tremper les ressorts spiraux tout pliés, n. 58, 59. Comment on doit redresser un spiral dérangé par la trempe, & lui rendre la figure, le bleuir, &c. 65. Eprouver un spiral sur la balance élastique, pour voir s'il est isochrone, n. 66. Spiral prêt à tremper, n. 523.

SPIRAL. Epreuves de l'isochronisme du Spiral, n. 536. Il faut à chaque fois que l'on démonte une Horloge revoir l'isochronisme, n. 545. Règles à suivre dans ces épreuves, 547 *Proposition sur l'Isochronisme.* Les plus grands arcs sont plus isochrones entr'eux que les petits, n. 533.

SUSPENSION DU BALANCIER. (Ressort de) On ne doit en faire usage que dans les grandes Horloges, dont le Balancier est pesant, d'un grand diamètre, & fait des vibrations lentes, n. 942.

SUSPENSION des petites Horloges à longitudes horisontales, n. 313 & suiv. Suspension plus simple, n. 335. & suiv.

SUSPENSION des Horloges verticales, n. 498.

T.

TABLE *composée des Arcs & de la Température.* Epreuves servant à sa formation, n. 561 & suiv. *Voyez* cette Table, pag. 171.

TABLE *de la Température.* Voy. Traité des Horloges Marines, pag. 504, n. 1443. La maniere de la former cette Table, n. 1441, pag. 506.

V.

VÉRIFICATIONS de l'Horloge à longitudes, après qu'elle est remontée, n. 552 & suiv.

VERTICALE. La position verticale est préférable à l'horisontale pour les petites Horloges ou Montres à longitudes dont le Balancier est petit, léger, & fait des vibrations promptes, n. 945. C'est aussi la position la plus convenable aux Montres à longitudes portatives, n. 952.

Fin de la Table des Matières.

APPROBATION.

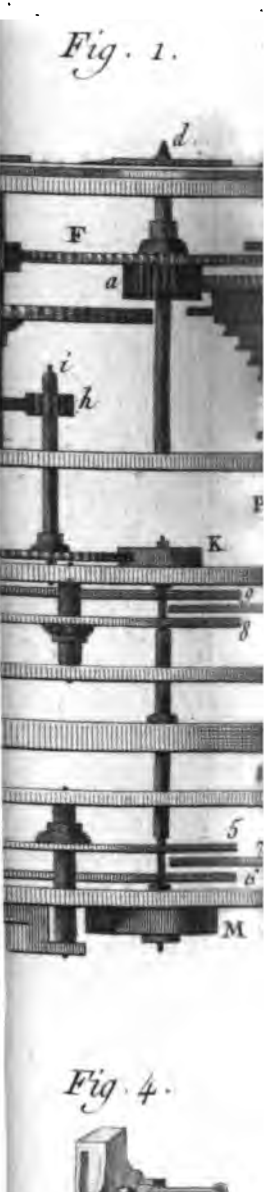
J'AI examiné par ordre de Monseigneur le Garde des Sceaux un Ouvrage intitulé : *De la Mesure du Temps*, &c. par M. FERDINAND BERTHOUD; c'est un Supplément utile aux Ouvrages importans qu'il a donnés sur l'Horlogerie, & il m'a paru très-digne de l'impression. A Paris, le 13 Janvier 1787.

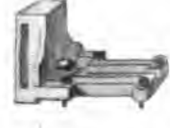
DE LA LANDE, Censeur Royal.

Le PRIVILÉGE *se trouve à la fin du Traité des Horloges Marines.*

t
11
S
D
L
Q
14
G
R
19
p
H
12

PP. Choffard Sculp.




Fig. 4.

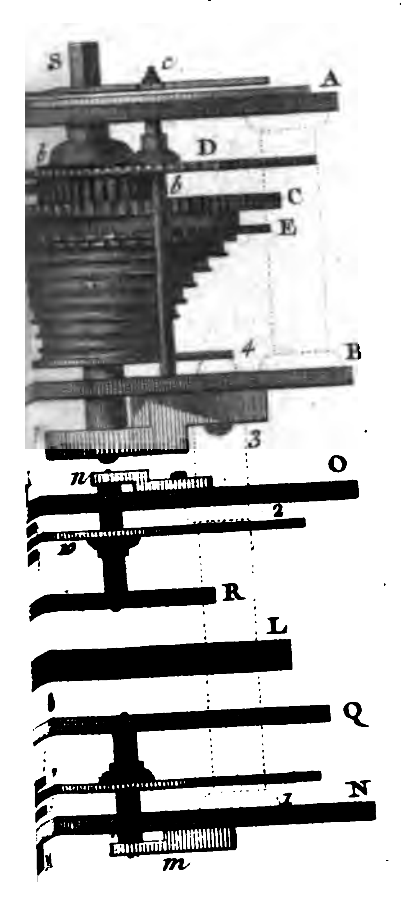
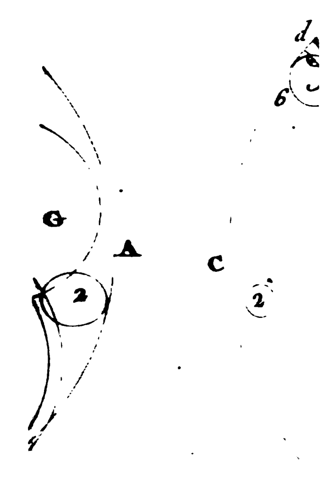


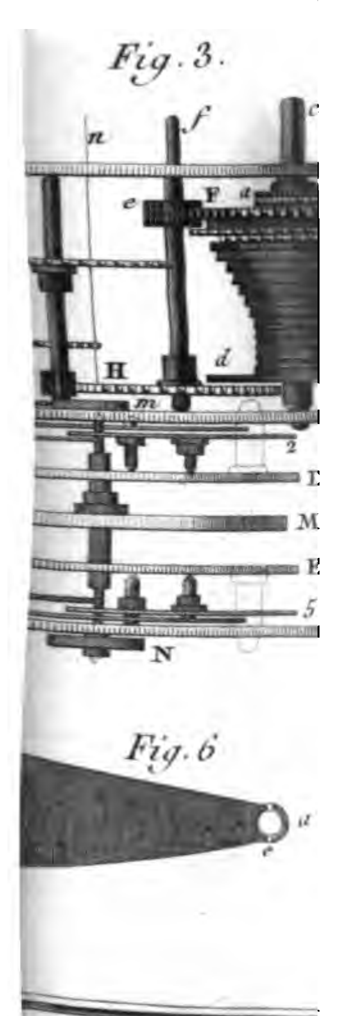
Fig. 3.

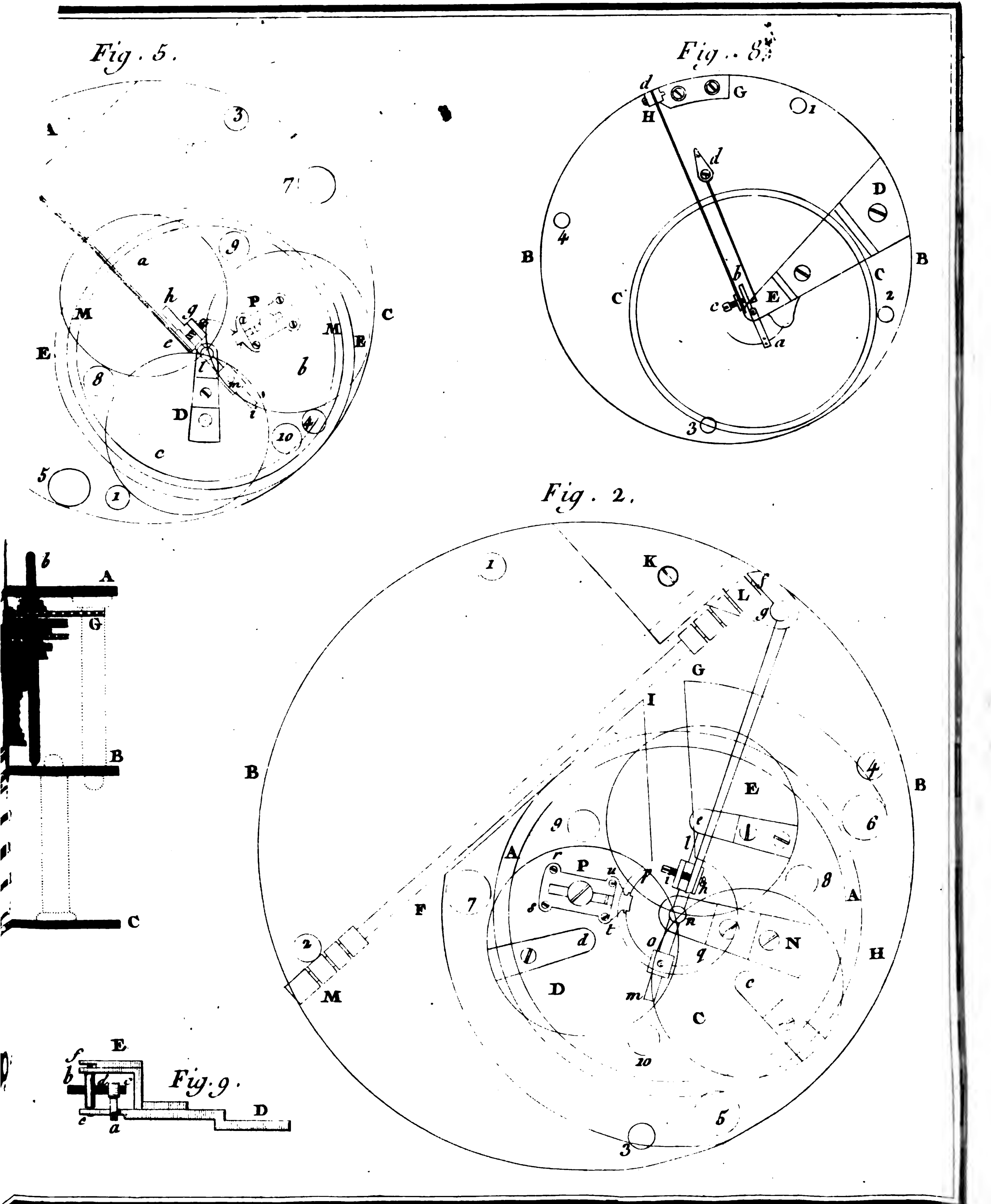
PP. Choffard

1
D
B
C
2
E
a
g
4
B
6
8
A
N
H

PP. Choffard Sc


d
6
G
A
C
2
2


Fig. 3.
n
f
e
F
a
H
d
m
2
M
5
N
Fig. 6
a



P.P. Choffard Sculp.

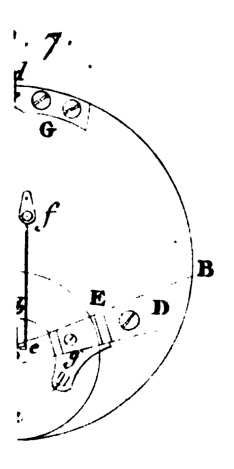

7
G
f
B
E
D
e
3

Fig. 9.

Fig. 3.

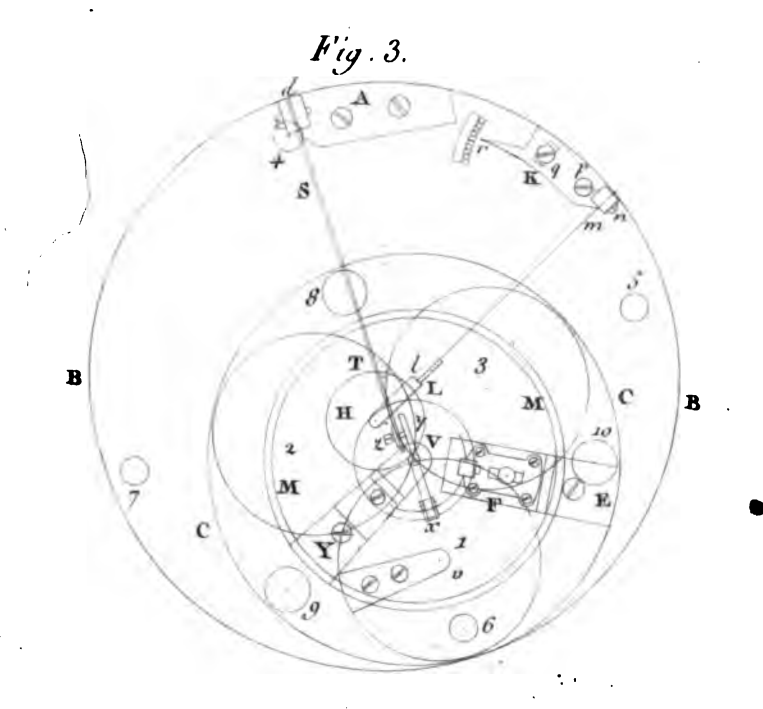


Fig. 6.

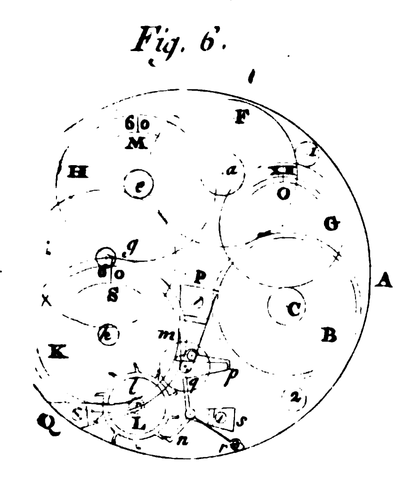
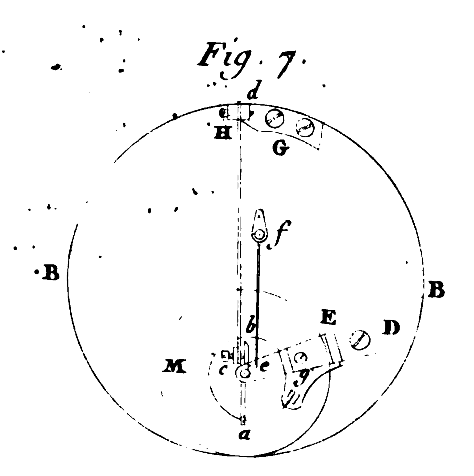


Fig. 7.



PP. Choffard Sculp.

g. 10.

N

Fig. 3.

d

b

N

B

Fig. 8.

A.

B

i l c

d

h

m

e

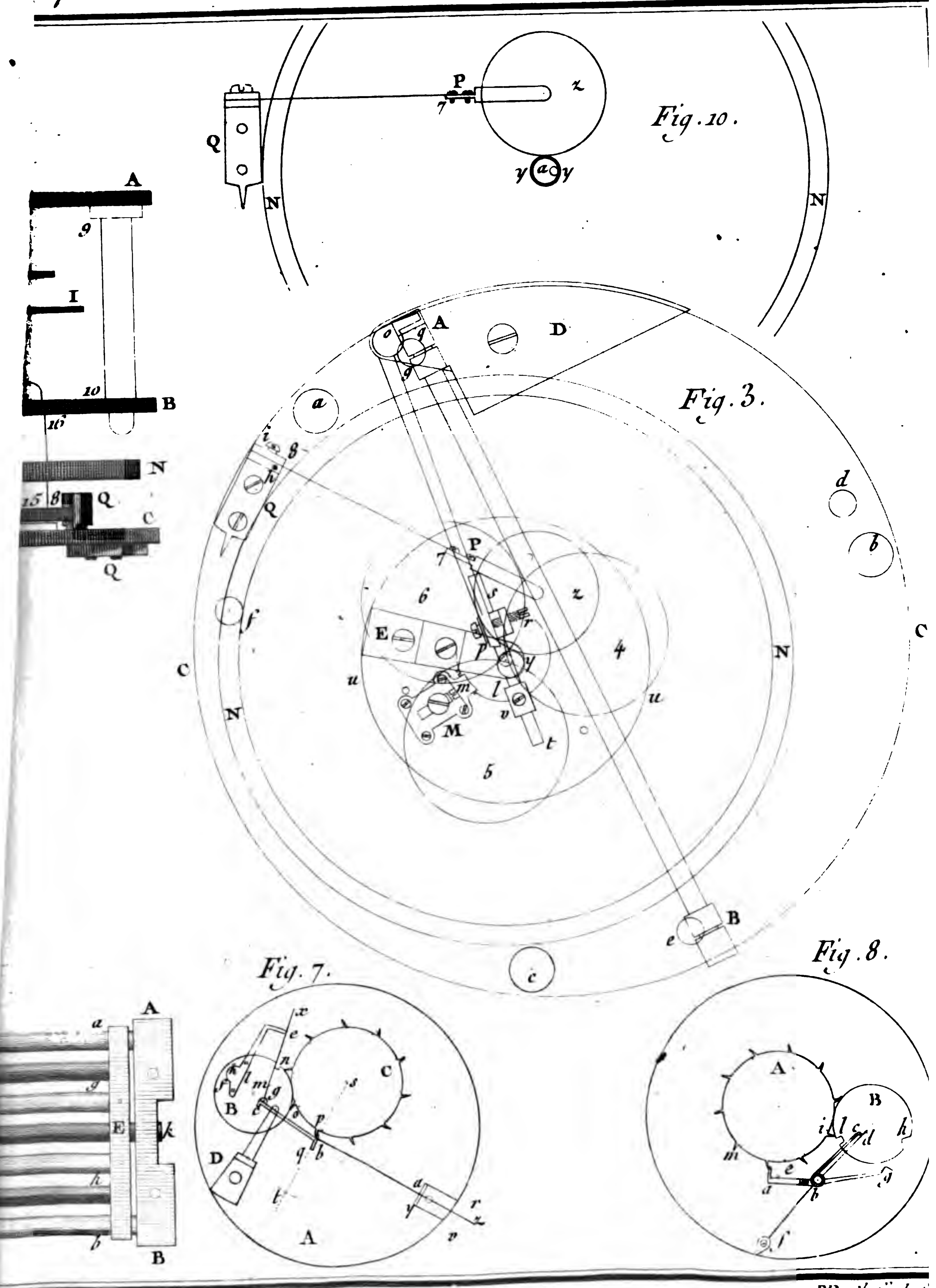
a

b

g

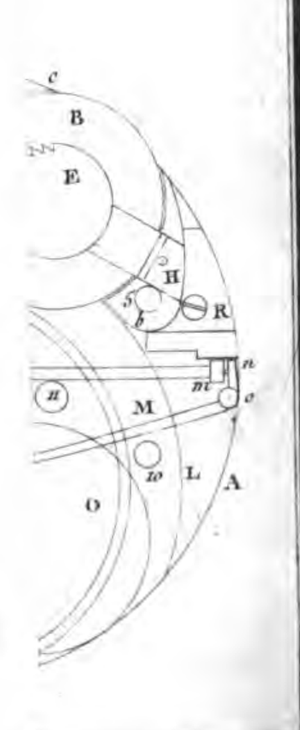
f

PP. Choffard Sc.

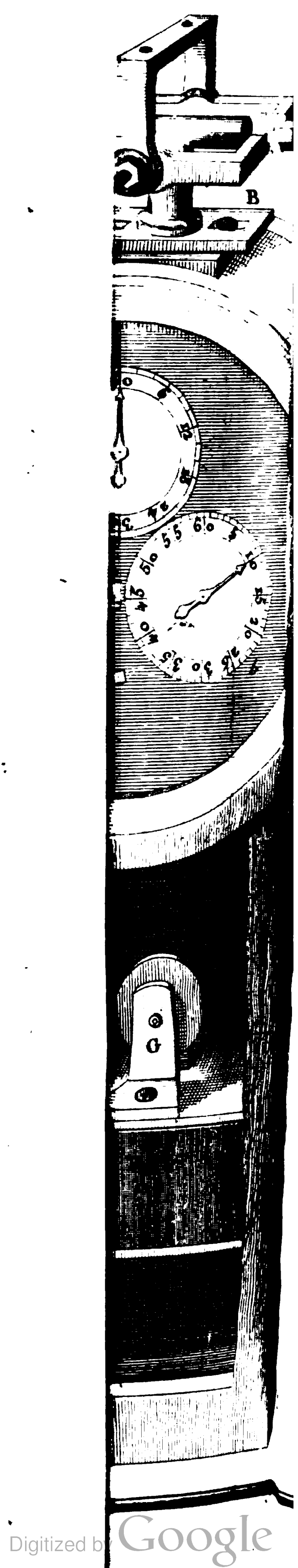


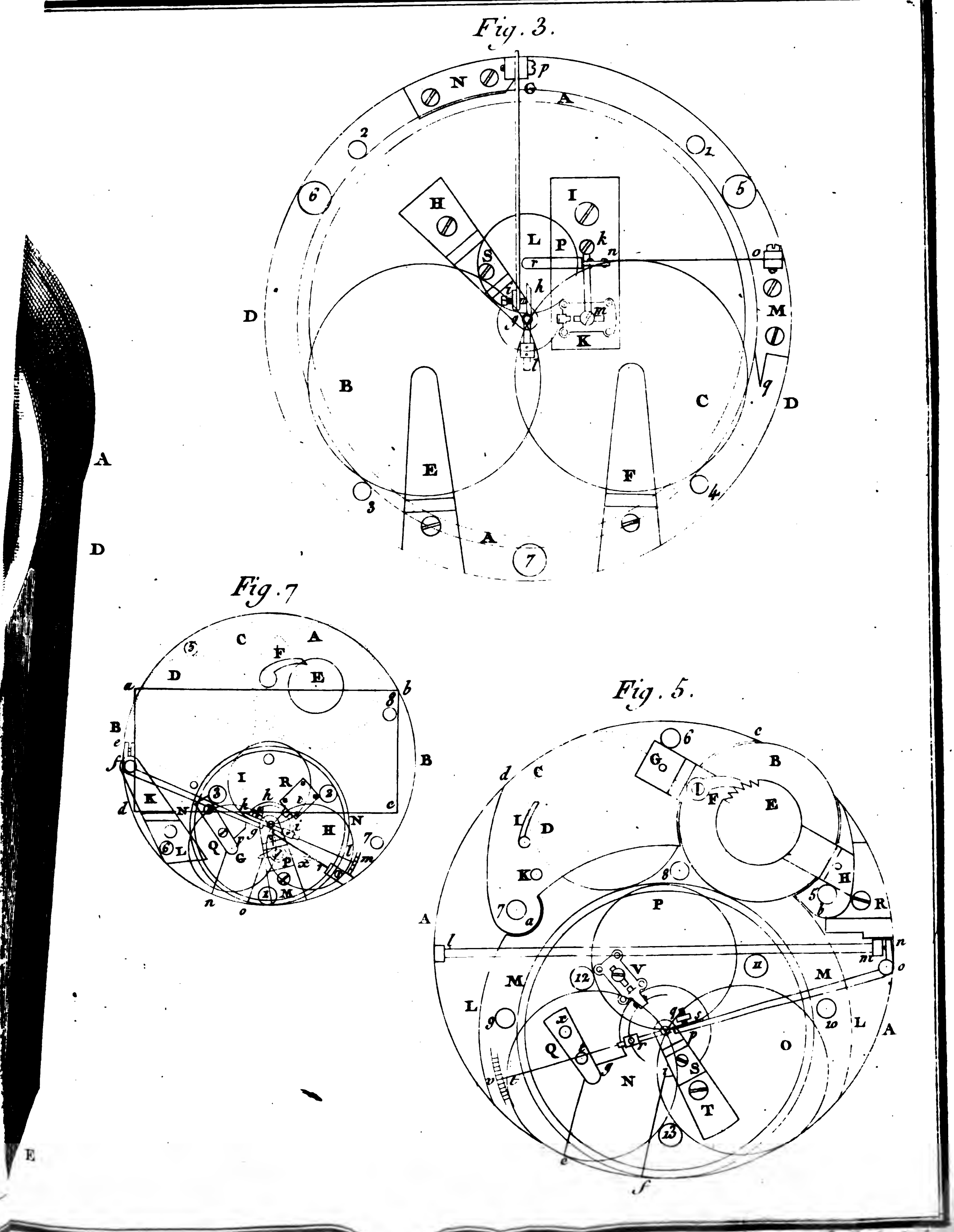
PP. Choffard Sc.



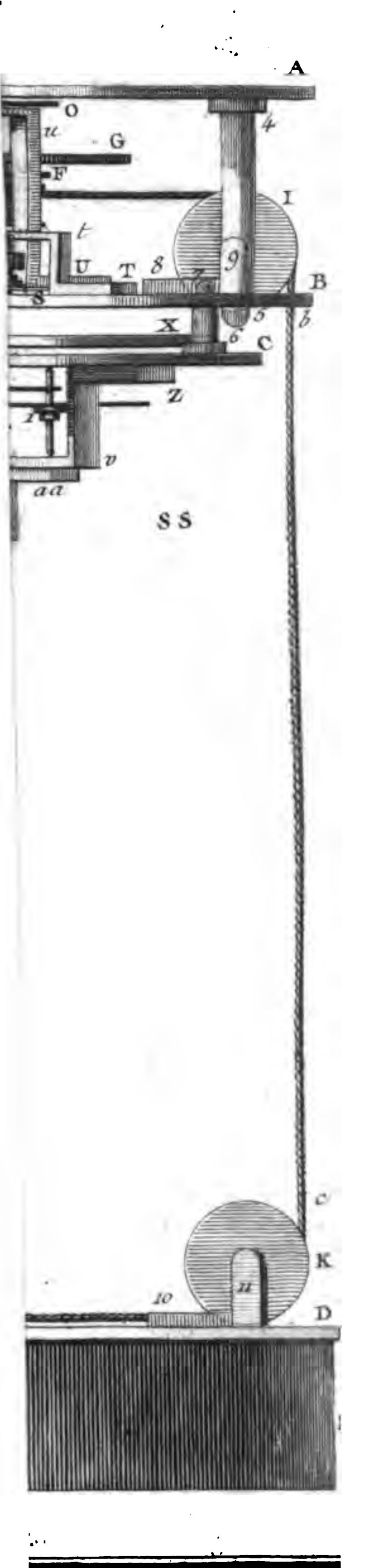


P.P. Choffard Sculp.

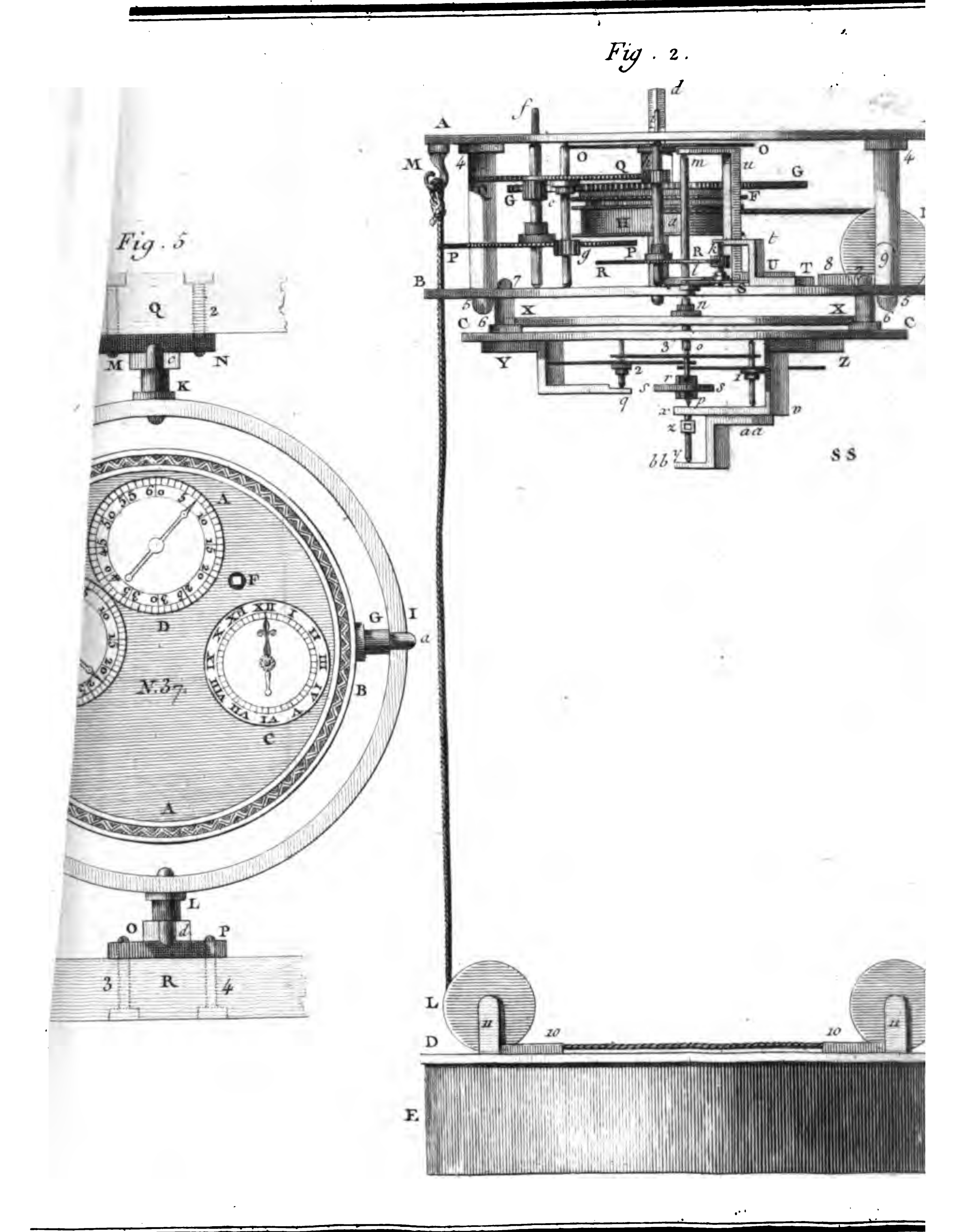

Montre a
B
G



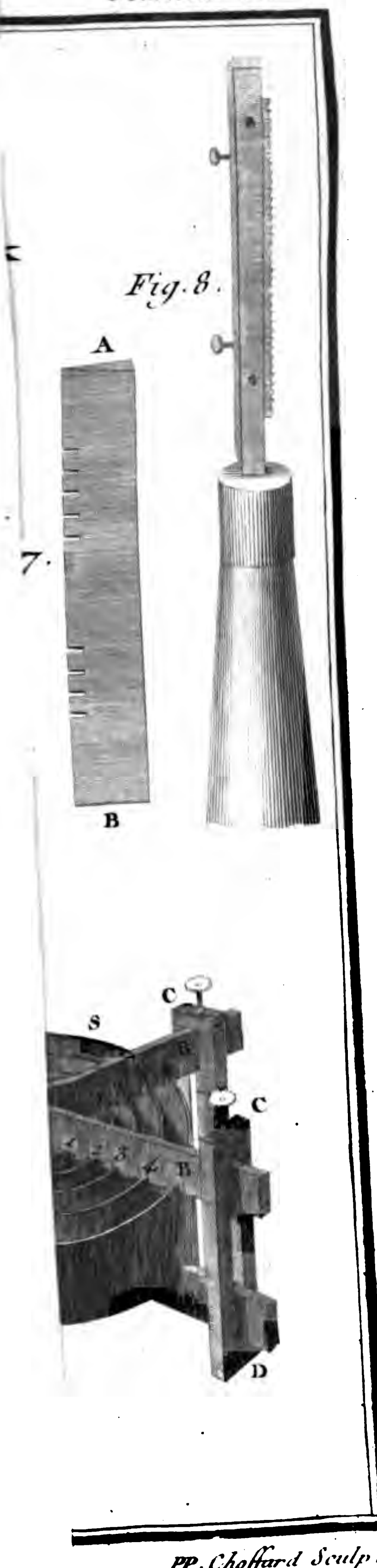
P.P. Choffard Sculp.



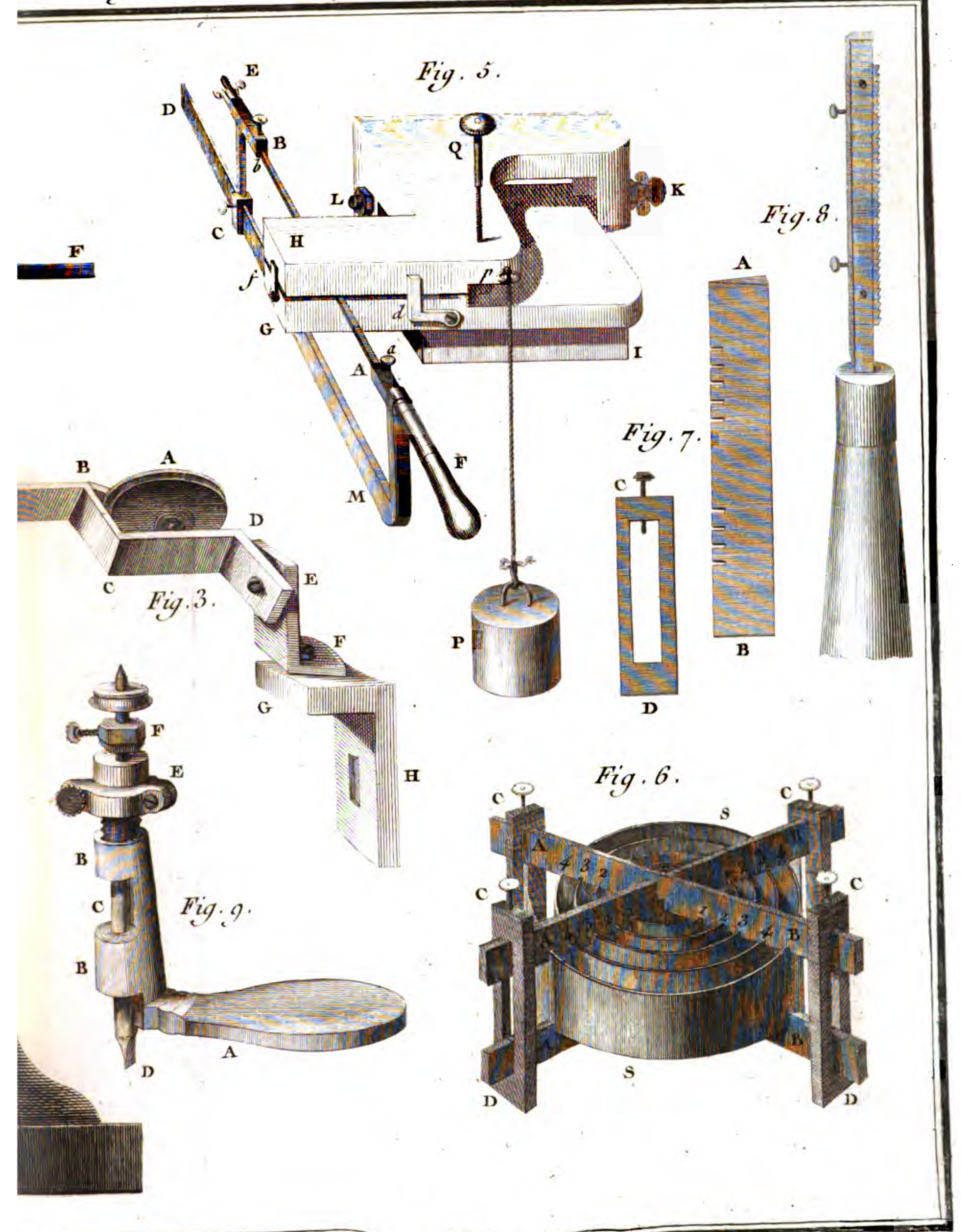
P.P. Choffard Sculp.



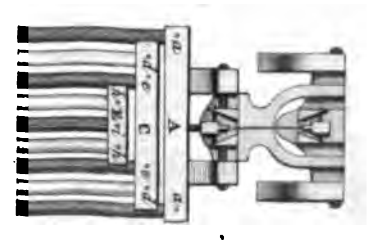
P.P. Choffard



PP. Choffard Sculp.


Fig. 5.
Fig. 3.
Fig. 9.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 6.
PP. Choffard Sculp.





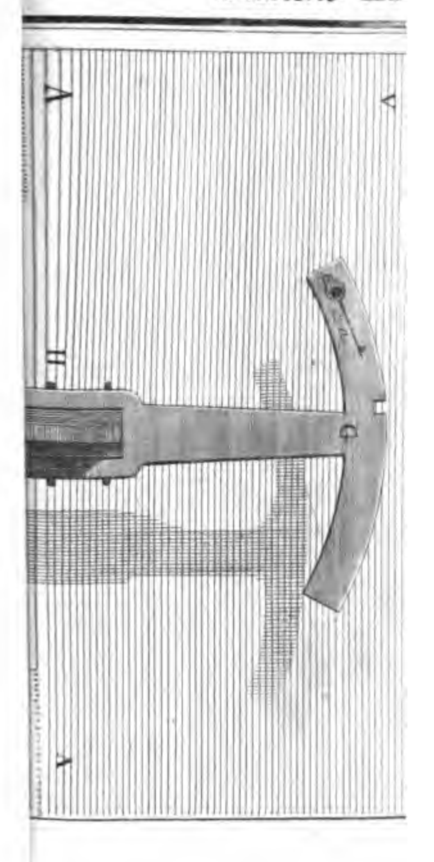
PP. Choffard Sc

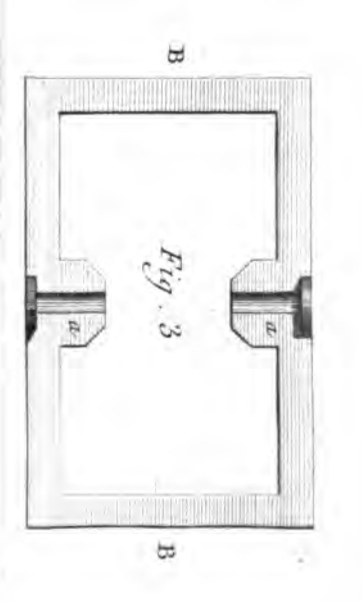


Fig. 3.

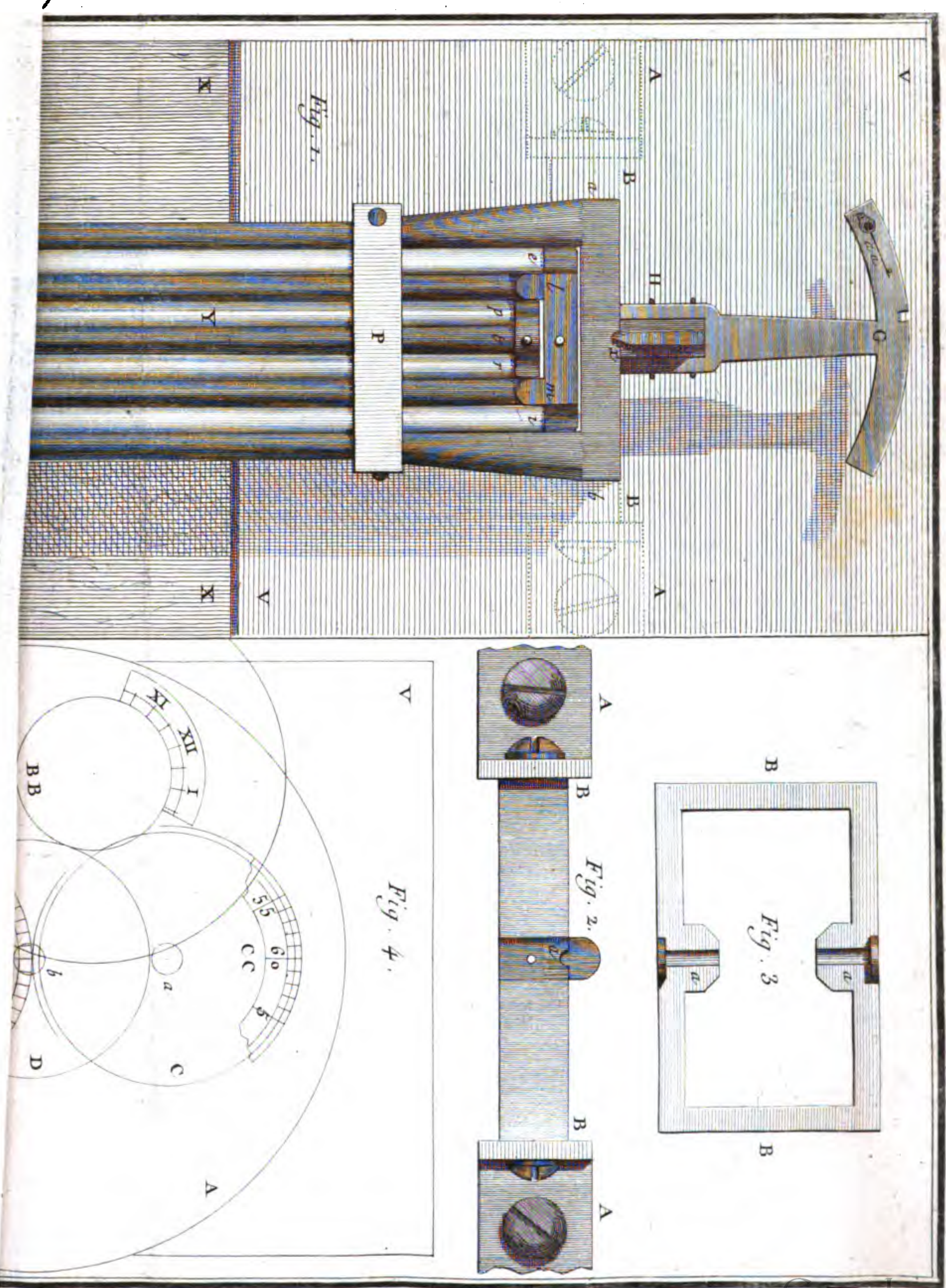
Fig. 2.

PP. Choffard Sculp

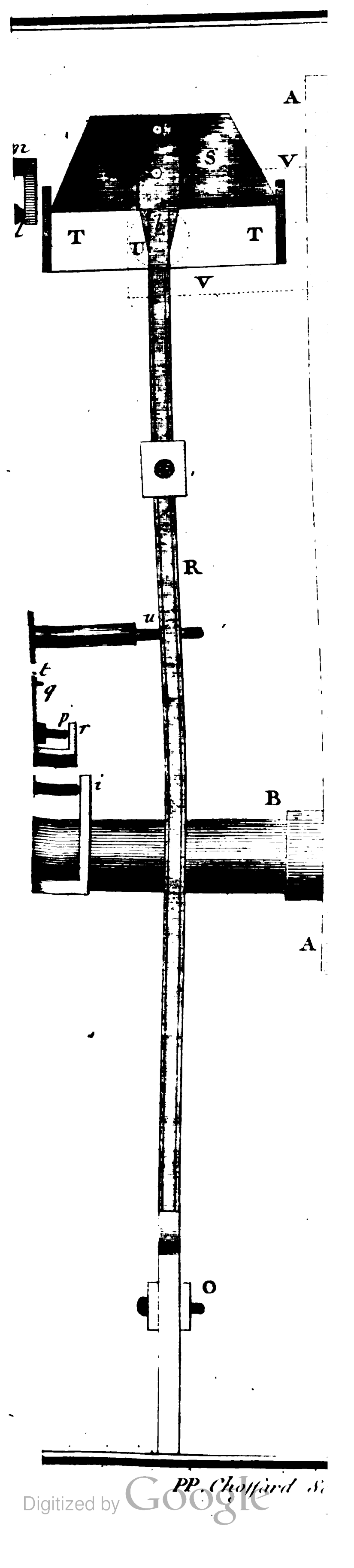


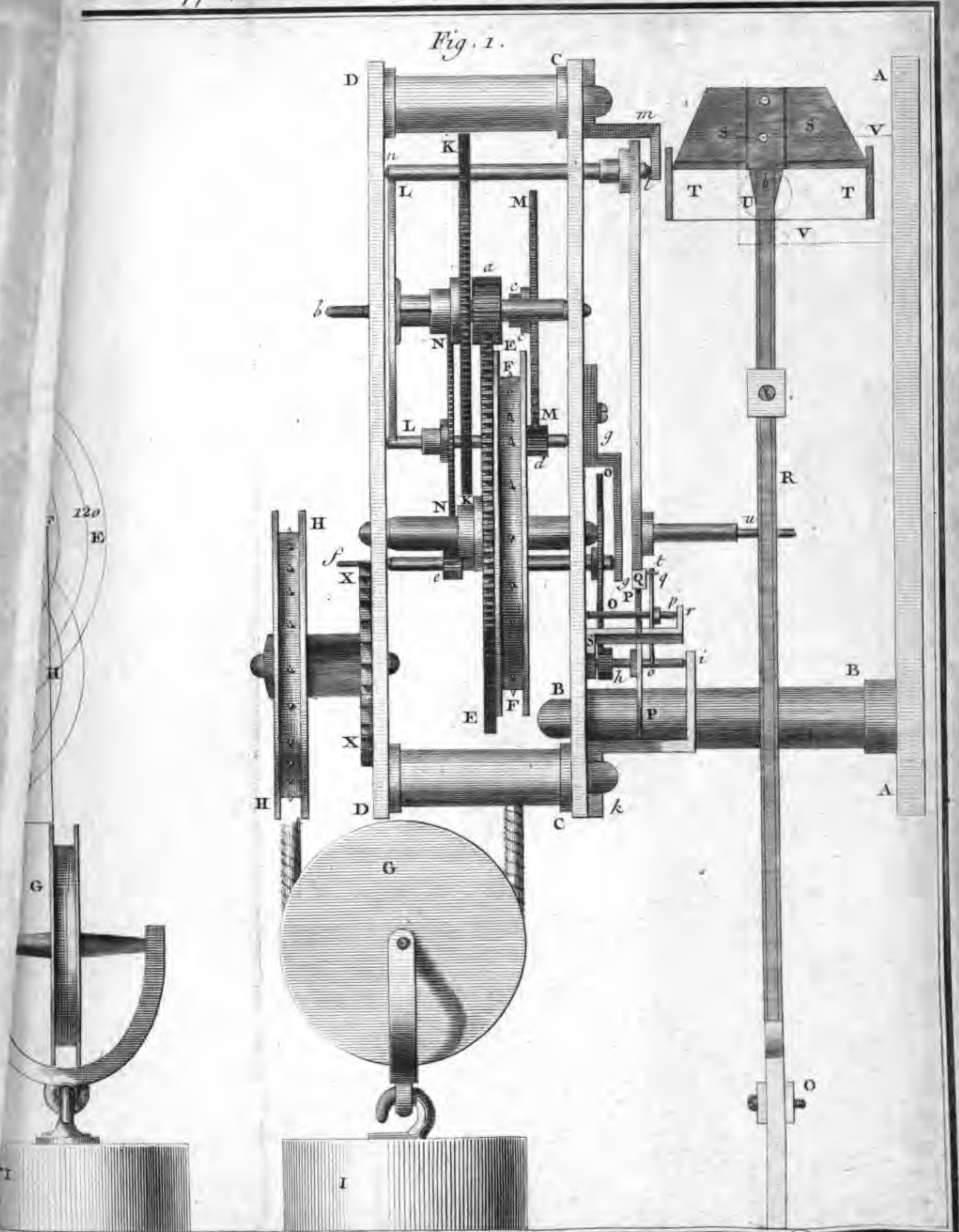


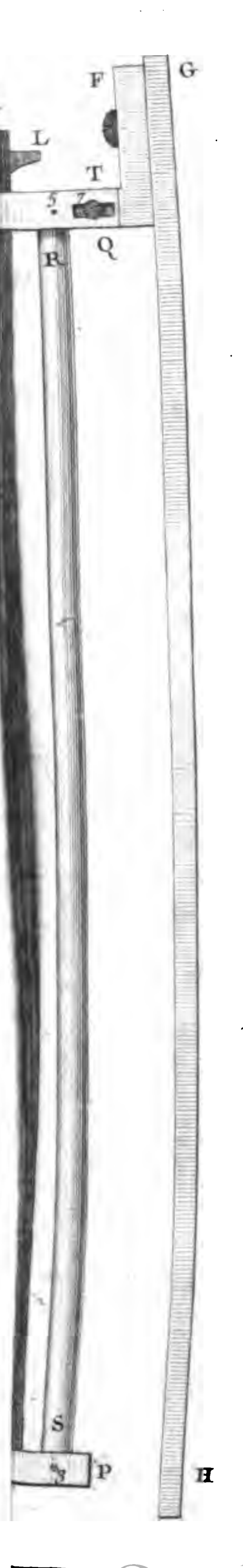
Sculp



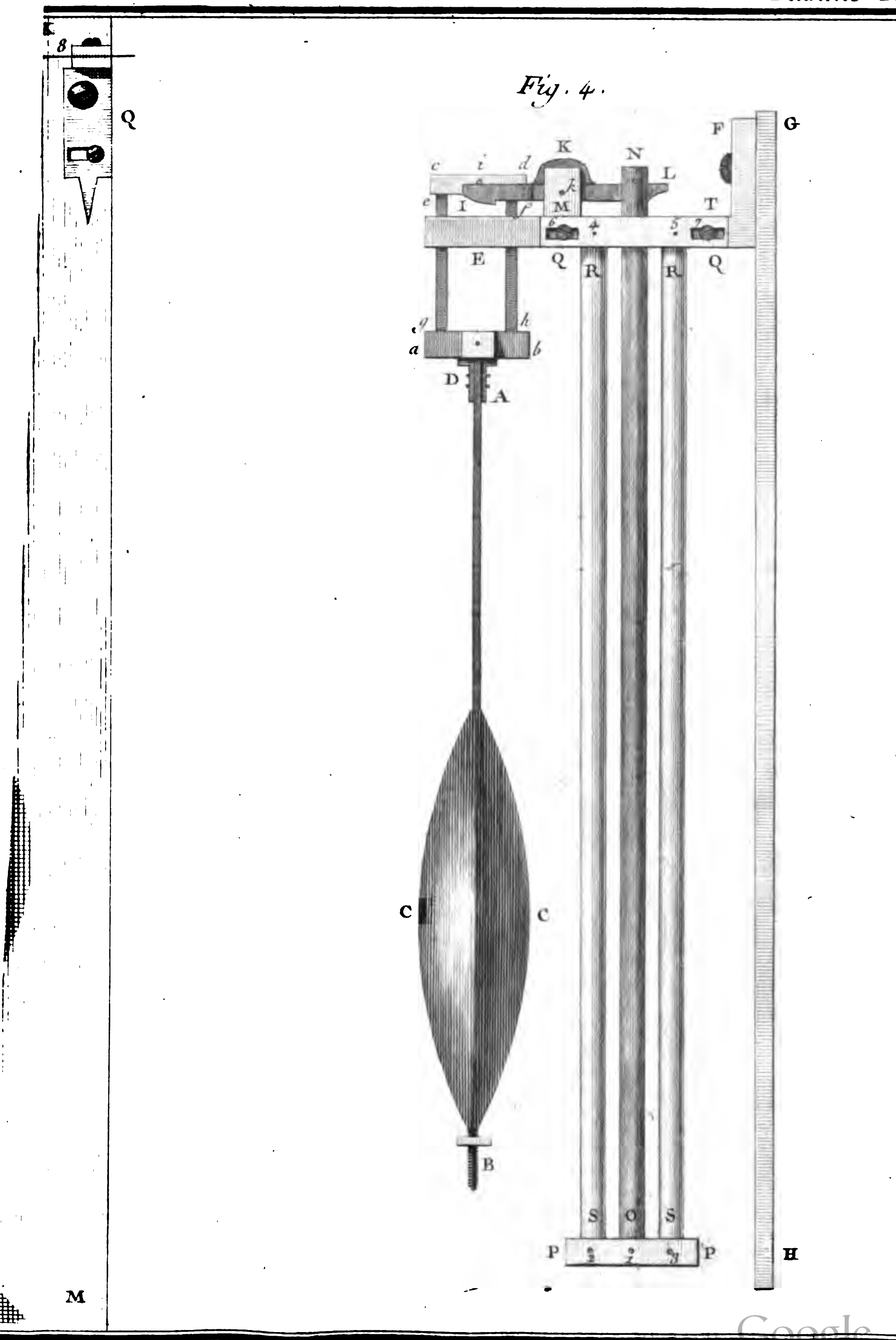
P.P. Choffard Sculp.


A
S
V
m
l
T
U
T
V
R
u
t
q
p
r
i
B
A
O
PP. Choffard


Fig. 1.
D
C
A
m
S
S
V
n
K
l
L
T
U
b
T
M
V
a
c
b
N
E
c
F
L
M
g
d
R
N
K
H
u
f
e
X
t
q
g
Q
P
O
p
r
S
h
o
i
B
B
P
E
F
X
H
D
C
k
A
G
I
G
O
I



P.P. Choffard Sculp



PP. Choffard Sculp.

